

AVERTISSEMENT

Ce document numérisé est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur au même titre que sa version papier. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document. D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

La Bibliothèque a pris soin d'adresser un courrier à l'auteur dans lequel elle l'informe de la mise en ligne de son travail. Celui-ci peut en suspendre la diffusion en prenant contact avec notre service.

Contact SCD Nancy 1 : theses.medecine@scd.uhp-nancy.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADEMIE DE NANCY-METZ

UNIVERSITE HENRI POINCARÉ-NANCY 1

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2008

N°29.06

THESE

pour le

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
EN CHIRURGIE DENTAIRE**

par

WACK Elise

Née le 3 avril 1982 à Vesoul (70)



ENREGISTREMENT DE LA TEINTE : LES TEINTIERS ET LES SYSTEMES NUMERIQUES

Présentée et soutenue publiquement le 27 juin 2008

Examineurs de la thèse :

M.JP. LOUIS
M.J. SCHOUVER
M.JP. SALOMON
Mlle. A. LE

Professeur des Universités
Maître de Conférences
Maître de Conférences
Assistant Hospitalier Universitaire

Président
Directeur
Juge
Juge



Vice-Doyens : Dr. Pascal AMBROSINI - Dr. Jean-Marc MARTRETTE
 Membres Honoraires : Pr. F. ABT - Dr. L. BABEL - Pr. S. DURIYAU - Pr. G. JASQUART - Pr. D. ROZENKWEIG - Pr. M. VIVIER
 Doyen Honoraire : Pr. J. VADOT

Sous-section 56-01 Odontologie pédiatrique	Mme M. Mlle Mme M.	<u>DROZ Dominique (Desprez)</u> PREVOST Jacques MARCHETTI Nancy ROY Angélique (Mederlé) SABATIER Antoine	Maître de Conférences* Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 56-02 Orthopédie Dento-Faciale	Mme M. M.	<u>FILLEUL Marie Pierryle</u> GEORGE Olivier REDON Nicolas	Professeur des Universités* Assistant Assistant
Sous-section 56-03 Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie légale	M. M. Mme	<u>WEISSENBACH Michel</u> CELEBI Sahhüseyin JANTZEN-OSSOLA Caroline	Maître de Conférences* Assistant Assistant
Sous-section 57-01 Parodontologie	M. M. Mme M. M. Mme M.	<u>MILLER Neal</u> AMBROSINI Pascal BOUTELLIEZ Catherine (Bisson) PENAUD Jacques JANOT Francis BACHERT Martine PONGAS Dimitrios	Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Professeur Associé* Assistant Assistant
Sous-section 57-02 Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique Anesthésiologie et Réanimation	M. M. M. M. Mlle Mlle	<u>BRAVETTI Pierre</u> ARTIS Jean-Paul VIENNET Daniel WANG Christian LE Audrey SOURDOT Alexandra	Maître de Conférences Professeur 1er grade Maître de Conférences Maître de Conférences* Assistant Assistante
Sous-section 57-03 Sciences Biologiques (Biochimie, Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)	M. M. Mlle	<u>WESTPHAL Alain</u> MARTRETTE Jean-Marc ERBRECH Aude	Maître de Conférences* Maître de Conférences Assistante Associée au 01/10/2007
Sous-section 58-01 Odontologie Conservatrice, Endodontie	M. M. M. M. M. M. M.	<u>ENGELS-DEUTSCH Marc</u> FONTAINE Alain AMORY Christophe MORTIER Eric HESS Stéphan PERRIN Sébastien SIMON Yorick	Maître de Conférences Professeur 1 ^{er} grade* Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-02 Prothèses (Prothèse conjointe, Prothèse adjointe partielle, Prothèse complète, Prothèses maxillo-faciales)	M. M. M. Mlle M. M. M. M.	<u>SCHOUVER Jacques</u> LOUIS Jean-Paul ARCHIEN Claude BEMER Julie DE MARCH Pascal HELPER Maxime SEURET Olivier SIMON Franck	Maître de Conférences Professeur des Universités* Maître de Conférences* Assistante Assistant Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-03 Sciences Anatomiques et Physiologiques Occlusodontiques, Biomécaniques, Biophysiques, Radiologie	Mlle M. Mme	<u>STRAZIELLE Catherine</u> SALOMON Jean-Pierre HOUSSIN Rozat (Jazi)	Professeur des Universités* Maître de Conférences Assistante Associée au 01/01/2007

*Par délibération en date du 11 décembre 1972,
la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que
les opinions émises dans les dissertations
qui lui seront présentées
doivent être considérées comme propres à
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner
aucune approbation ni improbation.*

A Mr le Professeur Jean-Paul LOUIS

Officier des Palmes Académiques
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Docteur d'Etat en Odontologie
Professeur des Universités
Membre de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire
Sous-section : Prothèses

Vous nous faites l'honneur de présider ce jury.
Au cours de nos études, nous avons pu apprécier vos
qualités de pédagogue et votre humanisme.
Votre enseignement fut pour nous des plus enrichissants.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre reconnaissance
et de notre profond respect.

A Mr le Dr Jacques Schouver

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Maître de Conférences des Universités
Responsable de la Sous-section : Prothèses

Vous nous faites l'honneur de juger cette thèse.
Veuillez recevoir nos remerciements pour votre
enseignement.
Veuillez trouver ici l'expression de notre
respectueuse considération.

A Mr Le Dr Jean-Pierre SALOMON

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences des Universités

Sous-section : Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques,
Biomatériaux, Biophysique, Radiologie

Vous nous faites l'honneur de juger cette thèse.
Veuillez recevoir nos remerciements pour vos conseils et
votre aide dans l'élaboration de ce travail.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre
reconnaissance.

A Mlle le Dr Audrey LE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistant hospitalier universitaire
Sous- section : Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique,
Anesthésiologie et Réanimation

Nous vous remercions d'avoir accepté de prendre place
dans ce jury.
Nous sommes reconnaissantes de votre gentillesse, votre
écoute et vos précieux conseils.
Trouvez ici un témoignage de sincère amitié.

MERCI,

A mes parents,

Pour leur soutien, leur patience, leurs précieux conseils et pour l'exemple qu'ils sont pour moi. J'espère qu'ils seront aujourd'hui fiers de moi.

A Florent,

Mon ami, ma moitié, mon confident, mon complice, mon amour, pour tout ce que tu m'apportes au quotidien. Tu es toujours là...

A ma sœur Stéphanie,

Pour ta gentillesse, la complicité que nous avons, puissions-nous compter les unes sur les autres pour toujours.

A mes grands-parents, oncles et tantes, cousins- cousines.

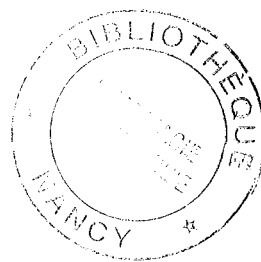
A mes amis d'ici...

Marion, Marie, Vincent, Julie, Nath, Matt, Célia, Sophie, Emilie, Jérôme, Isa...

...et d'ailleurs

Maud, Lolo, Pierre, Cécile, Oliv, Cyril, Zanne et Zol, Philippe, Virgile et tous les autres.

TABLE DES MATIERES



I. INTRODUCTION :	2
II. LES DETERMINANTS DE LA COULEUR DENTAIRE	5
A. Les facteurs intrinsèques	5
1) la dent : sa structure interne	5
2) les dimensions de la couleur dentaire	12
3) l'état de surface	22
4) caractérisations	23
5) les dyschromies dentaires	23
B. Les facteurs extrinsèques	28
1) L'environnement dentaire	28
2) L'éclairage	31
3) l'œil humain	34
III. DESCRIPTION DES DIFFERENTS SYSTEMES D'ENREGISTREMENT DE LA COULEUR DENTAIRE	44
A. Les teintiers :	44
1) les teintiers construits par famille de teintes	45
2) les teintiers construits par groupe de luminosité	48
B. Les systèmes numériques	50
1) les spectrophotomètres	50
2) les colorimètres	54
IV. EXPERIMENTATION « COLORIMETRIQUE »	60
A. Matériels	60
1. le teintier Miris 2 [®] de la société Coltène-Whaledent [®] :	60
2. le teintier Vita Toothguide 3D-MASTER [®] de la société Vita [®] :	61
Sa présentation et son mode d'emploi ont été détaillés précédemment.	61
B. Méthodes	62
C. Résultats et discussion	63
V. CONCLUSION	71
VI. BIBLIOGRAPHIE	74

I. INTRODUCTION :

L'enregistrement de la couleur d'une dent est un acte quotidien dans l'exercice prothétique du praticien.

Il nécessite une procédure simple, rapide et reproductible permettant d'obtenir un résultat optimum nécessaire à l'intégration esthétique de la pièce prothétique au sourire du patient. ^{1,2}

En effet, de nos jours les patients ne cherchent plus seulement une prothèse fonctionnelle et durable.

Ils souhaitent à juste titre « porter » une prothèse qui reproduit au mieux toutes les propriétés optiques des dents naturelles. ³

La détermination de la couleur dentaire par les praticiens et sa transmission aux prothésistes restent techniquement des actes délicats à réaliser ⁴ en raison de la complexité des structures dentaires, de la variabilité du facteur opérateur et de l'environnement lumineux dans lequel s'effectue cette procédure clinique.

De ce fait la profession a cherché à fabriquer et à utiliser des aides à l'enregistrement de la couleur, allant des systèmes les plus simples, tels que les « teintiers » manuels aux systèmes les plus complexes tels que les systèmes numériques.

Cette problématique, qui était initialement strictement limitée à l'exercice de la prothèse, s'est également récemment étendue à la manipulation des résines composites utilisées dans les procédures de restauration en technique directe.

Les « teintiers », qu'ils soient simples ou plus évolués, anciens ou plus récents, permettent une évaluation rapide et simple mais parfois trop « standard », approximative et subjective de la « couleur » d'une dent.

Les systèmes numériques, colorimètres et spectrophotomètres, permettent d'enregistrer en détail les nombreux facteurs/paramètres concourant à la couleur

dentaire. Ces derniers ont pour but de simplifier la tâche du praticien pour le choix de la teinte et pour sa transmission aux prothésistes.^{5, 6}

Compte tenu de la spécificité de leur mode d'action, ces différents systèmes numériques n'ont pas la même efficacité.

L'étude de Da Silva et coll. (2008)⁷ a encore très récemment mis en évidence la supériorité d'un système numérique par rapport à 3 systèmes manuels pour reproduire au mieux la couleur d'incisives maxillaires chez l'homme.

Cette étude validait la supériorité du système numérique sur une population de 36 patients.

Elle confirme par ailleurs les résultats d'études précédentes.

L'étude de Paul et coll. (2004)⁸ avait déjà noté cette même supériorité dans une étude clinique concernant 3 praticiens différents ayant réalisé des pièces prothétiques sur 10 patients, toujours sur des incisives centrales maxillaires, avec une satisfaction totale pour 9 des 10 patients traités.

Dans son exercice en dentisterie restauratrice, le praticien se trouve également amené à utiliser des « teintiers » proposés par les fabricants des résines composites.

Ils ont pour objectif d'aider le praticien dans le choix des différentes « couleurs » dentine et émail à choisir et à les assembler entre elles, selon des procédures de restauration par stratification anatomique, pour obtenir le meilleur résultat esthétique possible.

Les situations cliniques les plus problématiques en terme d'esthétique sont représentées par la gestion des cas de traumatologie avec la perte des angles incisifs sur de jeunes patients.

La solution en technique directe reste alors la plus indiquée en raison de sa simplicité de réalisation et de l'opportunité de ré-intervention lorsque le patient atteindra un âge adulte avec des rapports dentaires inter-arcades considérés alors

comme définitifs. Cette situation permettra d'envisager la réalisation d'une restauration indirecte plus pérenne.

Les études portant sur la comparaison entre les teintiers à usage prothétique et les dispositifs numériques, dans l'enregistrement de la couleur des dents, sont nombreuses.

Leurs conclusions ont été évoquées précédemment et confirment la supériorité des seconds sur les premiers.

En revanche, aucune étude n'a été entreprise à ce jour sur la correspondance colorimétrique établie par l'œil humain et un dispositif numérique entre 2 teintiers manuels.

Notre travail s'est fixé pour but, dans le cadre d'une approche expérimentale *in vitro*, de chercher à comparer la sensibilité de l'œil humain à celle d'un spectrophotomètre dans l'établissement d'une correspondance colorimétrique entre 2 teintiers « novateurs » :

- l'un utilisé en prothèse, le teintier Vitapan 3D Master[®] fabriqué par la société Vita[®] et,
- l'autre utilisé en dentisterie restauratrice, le teintier Miris 2[®] de la société Coltène-Whaledent[®].

Dans ce travail nous développerons successivement, les facteurs intrinsèques et extrinsèques qui déterminent la couleur d'une dent.

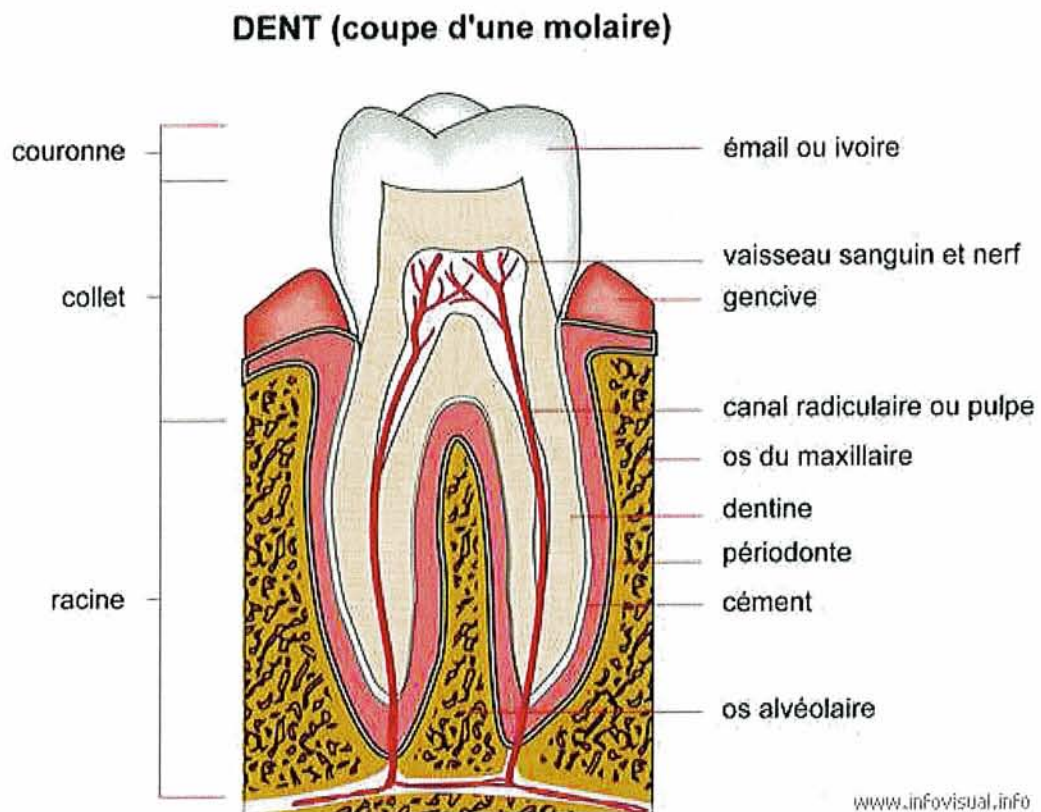
Nous évoquerons ensuite les différents systèmes d'enregistrement de la couleur en présentant succinctement les « teintiers » manuels et les dispositifs électroniques.

Enfin nous exposerons les matériels, la méthode, les résultats et la discussion de l'expérimentation colorimétrique qui constitue l'« originalité » de notre contribution.

II. LES DETERMINANTS DE LA COULEUR DENTAIRE

A. Les facteurs intrinsèques

1) la dent : sa structure interne



Biblio 9

C'est la conjugaison de plusieurs facteurs internes à la dent naturelle (épaisseur, composition, organisation des différents tissus constitutifs de la dent...) qui concoure à la couleur observée. Ces facteurs varient au cours du temps.

a. l'émail :

C'est la couche la plus externe de l'organe dentaire.

C'est le tissu le plus dur et le plus minéralisé de l'organisme.

Il est composé pour 95 % de minéraux (essentiellement phosphocalcique) et pour 5% d'eau et de substances organiques. Il est considéré physiologiquement comme un tissu inerte, car non innervé et non vascularisé.

Il recouvre la couronne dentaire jusqu'au collet.

Il est translucide mais, en raison de sa phase minérale très importante, il est le plus opaque des tissus dentaires en radiographie.

Les propriétés optiques de l'émail varient en fonction de plusieurs variables : sa composition, sa structure, son épaisseur, son degré de translucidité, son opalescence et son état de surface.

Tous ces paramètres sont susceptibles de connaître des variations au cours de la vie d'un patient.

Ceci explique la multitude de situations cliniques que le praticien et le prothésiste auront à gérer.

L'épaisseur de l'émail n'est pas identique au niveau des différentes zones de la dent :

- ainsi, au tiers incisif, cette épaisseur peut atteindre 1,5 mm. Sur les dents jeunes, le bord incisif n'est souvent constitué que d'émail, ce qui lui confère une translucidité particulière en créant souvent par effet d'opalescence un bord incisif bleuté ; cette translucidité peut s'étendre jusqu'aux faces proximales,
- dans le tiers moyen, la couche d'émail s'affine et de ce fait sa translucidité diminue,
- enfin dans le tiers cervical, l'émail peut devenir très fin (0,2 à 0,3 mm) et, de ce fait, il devient très transparent et laisse apparaître la couleur des tissus sous-jacents, ce qui se traduit par un effet encore plus opaque.

L'émail détermine le degré de luminosité de la dent.

b. la dentine :

Entre l'émail et la dentine, une couche acellulaire faciliterait, selon Winter (1993), la circulation périphérique de la lumière.

La dentine est le tissu situé sous l'émail coronaire et sous le cément au niveau radiculaire.

C'est un tissu moins dur que l'émail (deuxième tissu le plus dur de l'organisme après l'émail) : il contient 70% de sels minéraux (essentiellement du carbonate de calcium) et 30% de substances organiques (essentiellement du collagène associé à d'autres phospho-protéines).

Structurellement, ce tissu est parcouru par des canalicules dentinaires disposés préférentiellement d'une façon perpendiculaire à la surface de la pulpe.

Ces canalicules ainsi que les différents composants qu'ils contiennent sont responsables de la diffusion de la lumière lors de son passage dans son épaisseur.

C'est un tissu vivant, dynamique, caractérisé par la présence de terminaisons nerveuses et de fluide dentinaire localisés dans la lumière de ces mêmes canalicules dentinaires.

Au cours de notre vie, le volume de dentine augmente alors que celui de pulpe diminue (la pulpe est très volumineuse chez les enfants).

La dentine est le tissu responsable de la couleur de la dent :

- son faible degré de minéralisation, comparé à celui de l'émail, et la forte proportion de substances organiques expliquent l'opacité de la dentine primaire,
- son architecture particulière, en nombreuses cavités étroites et allongées, les canalicules dentinaires, explique la diffraction sélective de la lumière. Cette diffraction explique pour une partie l'opacité des dentines primaire et secondaire.

La structure et la composition de ce tissu sont en perpétuelle évolution.

La principale est la formation de dentine secondaire physiologique.

Elle peut être également associée à la fabrication de dentine réactionnelle, soit intracanaliculaire, soit se déposant aux dépens du volume de la chambre pulpaire ; on parlera alors de dentine tertiaire.

Ces dépôts de tissus minéralisés vont modifier d'une façon significative les propriétés optiques de la dent.

La **dentine secondaire physiologique** se forme tout au long de la vie mais ces dépôts sont épisodiques et irréguliers. Elle est plus minéralisée que la dentine primaire et donc moins opaque. Sa saturation est plus élevée.

La **dentine réactionnelle**, réponse de la pulpe aux caries ou aux chocs, est plus saturée que la dentine primaire et secondaire. Elle se forme en regard de la zone soumise à la sollicitation.

La **dentine transparente**, apparaissant avec le vieillissement, se forme aux dépens du volume de la lumière des canalicules dentinaires, conduisant quelquefois à leur oblitération totale.

Elle a tendance à se former préférentiellement au niveau de la racine, la rendant progressivement de plus en plus translucide.

Au niveau de la jonction amélo-cémentaire, cette dentine est caractéristique ; elle y est très translucide et parfois même transparente. Elle joue un rôle important dans la transmission de la lumière ; elle se comporte comme une fibre optique et contribue à la transparence de la dent.

c. le ciment :

C'est un élément du parodonte avec le desmodonte, la gencive et l'os alvéolaire.

C'est un tissu minéralisé qui recouvre les racines dentaires à partir du collet, faisant suite à l'émail. A sa face externe, une couche de cémentoblastes élabore du ciment pendant toute la vie de la dent.

Sa structure est « proche » de celle du tissu osseux : il est en revanche avasculaire.

Le cément est recouvert dans les conditions physiologiques normales par la gencive, c'est pourquoi on peut penser qu'il n'influence pas la couleur de la dent, néanmoins il peut entraîner une coloration jaunâtre par diffusion de la lumière au niveau du collet.

d. la pulpe :

C'est un tissu conjonctif lâche composé de vaisseaux sanguins et de nerfs. Elle est contenue dans la chambre pulpaire se prolongeant par les canaux dentaires s'ouvrant à l'apex des racines. Elle est limitée en périphérie par une couche de cellules sécrétant la dentine, les odontoblastes.

C'est une masse plus ou moins volumineuse de couleur rouge en raison de sa vascularisation.

e. variations physiologiques :

* variations interdentaires

Il existe une multitude de couleurs différentes au sein d'une même arcade pour plusieurs raisons :

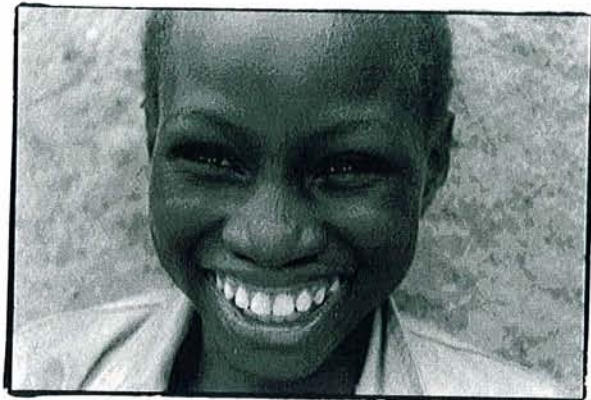
- la canine est toujours plus jaune que les autres dents car est plus saturée et surtout plus opaque.



Biblio 10

- les dents mandibulaires sont caractérisées par un émail moins épais que les dents maxillaires, elles sont donc plus saturées et apparaîtront toujours moins « blanches »,
- les dents postérieures, prémolaires et molaires, sont généralement plus saturées que les dents antérieures.

* variations ethniques



Il n'y a pas de modification des structures anatomiques suivant les origines ethniques mais il existe en revanche une modification des perceptions des couleurs selon le degré de saturation des téguments.

En effet, selon Mariani (1993), les teintes dentaires semblent plus blanches quand elles sont à proximité d'éléments muqueux plus foncés.

* variations sexuelles

Selon Mariani, les femmes auraient les dents plus lumineuses que les hommes. D'autre part, les dents des hommes seraient moins translucides que celles des femmes.

* variations selon l'âge ¹¹

- **l'émail** d'une dent « jeune » est caractérisé par un faible degré de minéralisation et une épaisseur importante.

Il apparaît opaque et la dent est caractérisée par une luminosité élevée

A l'inverse l'émail d'une dent « âgée » est plus minéralisé et son épaisseur est beaucoup plus fine, conséquence de toutes les sollicitations mécaniques qu'il a subi.

En terme colorimétrique, cela se traduit par une grande translucidité qui permet de percevoir très aisément la dentine sous-jacente.

- **la dentine** transparente de la jonction amélo-cémentaire est plus importante dans les dents âgées que dans les dents jeunes. L'altération de la dentine par des processus physiques ou chimiques entraîne la synthèse de dentine tertiaire plus jaune car plus minéralisée.

- **la pulpe** a son volume qui varie de manière importante avec l'âge. Chez le jeune, ce volume étant très important, la dent prend un aspect rosé souvent très visible sur les faces linguales. Avec l'âge, le volume de cette cavité diminue : son influence sur la couleur de la dent diminue également dans les mêmes proportions.

- au fil des années, **le cément** est de plus en plus visible par la diminution physiologique de la hauteur de la gencive ou par des phénomènes de récessions gingivales. Cependant, l'influence du cément sur la couleur de la dent est limitée du fait de sa disparition rapide par abrasion laissant la dentine radiculaire à nu.

- **l'état de surface** de l'émail est soumis à des variations importantes lors du vieillissement de la dent.

Les surfaces des dents jeunes sont caractérisées d'une part par des stries horizontales d'une profondeur variable et d'autre part par une multitude d'irrégularités anatomiques se présentant sous la forme de micro-reliefs.

La surface vestibulaire est donc à l'échelle microscopique extrêmement « tourmentée » avec une réflexion de la lumière qui est différente et moindre que

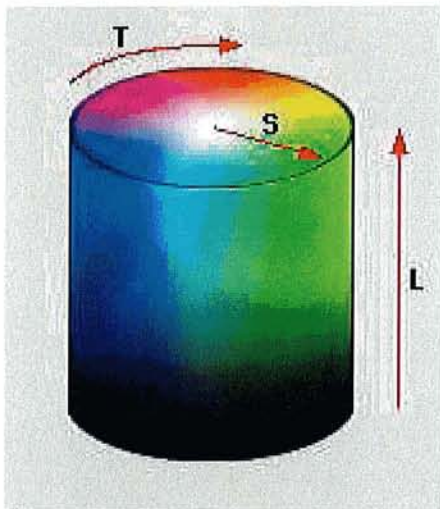
celle de dents âgées qui apparaissent toujours à l'échelle macroscopique, beaucoup plus régulières et lisses.

Par ailleurs les zones d'usure, couramment observées sur les versants cuspidiens des dents postérieures, soumises à des parafunctions importantes et fréquentes, confèrent un aspect plus brillant à la surface de l'émail.

Ces zones constituent souvent un élément du diagnostic clinique du bruxisme.

2) les dimensions de la couleur dentaire

a. les dimensions classiques de la couleur : ¹²



T:teinte, L:luminosité, S:saturation ⁽¹³⁾

* la luminosité, encore décrite sous les termes de luminance ou de clarté :

Elle est définie comme l'attribut de la sensation visuelle selon laquelle une surface paraît émettre ou renvoyer plus ou moins de lumière.

Elle correspond à la quantité de photons qu'une dent d'une certaine couleur peut réfléchir.

La luminosité ne peut s'apprécier que par une représentation en noir et blanc : elle est donc souvent évaluée en nuances de gris.

Ses variations dans le langage courant s'expriment par les adjectifs « clair » ou « foncé » : chaque teinte pouvant présenter un degré de luminosité différent.

La dissociation de la luminosité d'une couleur est rendue possible par une vision en noir et blanc qui dépend des bâtonnets de la rétine.

L'œil humain « normal » est capable de distinguer plus de 750 niveaux de luminosités différentes.

* la saturation ou intensité chromatique :

Il s'agit d'un attribut perceptif du niveau de coloration d'une surface qui permet d'estimer la proportion de couleur chromatique pure dans la sensation totale.

On la définit pratiquement comme la quantité de pigments contenus dans la tonalité chromatique : une dent est dite saturée quand elle contient un maximum de pigments.

Elle fait appel dans le langage commun à la notion de couleur « intense » ou « pâle ».

Plus le niveau de saturation diminue plus la couleur sera terne et plus la teinte sera éclaircie (notion de « désaturation »).

La combinaison des échelons de tonalité et de saturation permet à l'œil de distinguer jusqu'à 17000 sensations différentes.

* la teinte ou tonalité chromatique : ^{14, 15, 16}

Elle est définie par la Commission Internationale de l'Eclairage comme l'attribut de la sensation visuelle décrit par des qualificatifs tels que rouge, jaune, vert ou bleu.

Elle permet de différencier une famille de couleurs d'une autre.

Elle correspond à une longueur d'onde (allant de 380nm pour le violet à 760nm pour le rouge foncé) dominante du spectre visible de la lumière réfléchie par la dent.

Pour l'œil humain il existe environ 300 tonalités différentes du spectre du visible. ^{15, 16}

Selon Yamamoto (1992) ¹⁷, la luminosité est 3 fois plus importante que la teinte et 2 fois plus que la saturation.

C'est pour cette principale raison que Zyman et Jonas (2003) ¹⁸ recommandent d'évaluer d'abord la luminosité avant la saturation et la teinte lors de l'enregistrement d'une couleur dentaire.

b. les dimensions propres de la dent :

* la transparence :

Dans une dent, il n'y a que très peu de zone transparente ; une dent transparente nous permet de voir « nettement » son contenu. L'opacité est l'inverse de la transparence.^{20, 21}

* la translucidité :

C'est une notion délicate à distinguer de celle de la transparence en odontologie car toutes deux expriment la perméabilité optique d'un corps²².

La lumière incidente traverse complètement et directement un matériau transparent, comme le verre.

Ainsi, au travers d'un corps transparent, on voit distinctement l'objet situé derrière. Lorsque la lumière incidente est diffusée plus ou moins régulièrement et dans tous les sens au travers d'un matériau, on parle d'un corps translucide. Un objet translucide laisse passer la lumière et permet ainsi d'observer de manière « déformée » le contenu.

Cette translucidité peut donc être définie comme le rapport entre la lumière incidente qui traverse et celle retransmise par l'objet.

Elle varie selon les différents constituants d'une dent, leur épaisseur et leur qualité :

- l'émail possède la plus grande translucidité (70%). Au niveau du bord libre, l'émail est le plus épais et la dentine peu présente : c'est la zone de la dent où la translucidité est maximale.

- la dentine est moins translucide c'est-à-dire plus opaque (40% de translucidité). Dans la zone cervicale, l'épaisseur d'émail est la plus faible et l'épaisseur de dentine est la plus importante : c'est la zone de la dent où la translucidité est minimale.

La translucidité dentaire augmente avec l'âge du patient alors que la luminosité diminue : les dents jeunes ont une dentine très opaque et une translucidité de l'émail peu élevée ; avec l'âge, l'émail des dents devient plus transparent et plus vitreux, laissant apparaître les variations chromatiques contenues dans la dentine.

L'état de surface dentaire influe grandement sur la translucidité : plus la surface est lisse plus la dent est translucide (Fondriest J. 2003) ¹⁵.

Les différentes dimensions de la couleur ne sont pas indépendantes les unes des autres.

Dans l'évaluation de la couleur d'une dent, la distinction des ces différents paramètres n'est pas aisée car ils s'influencent mutuellement.

De plus, l'état de surface vient interférer et influence directement ces paramètres.

* l'opalescence :



En lumière réfléchie...



...et en lumière transmise.

Biblio 23

Le reflet opalescent de l'émail représente l'un des phénomènes optiques les plus beaux au niveau des dents naturelles.

C'est la capacité d'un objet à conserver sa teinte quelle que soit la source d'éclairage.

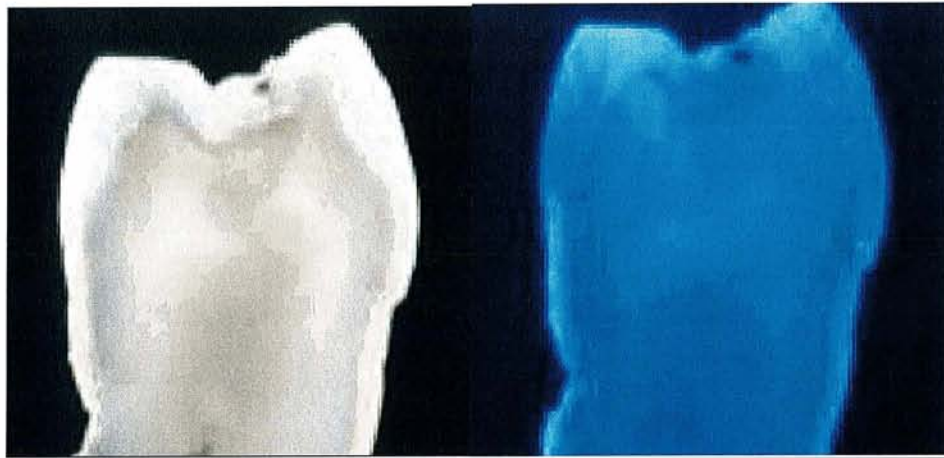
Cette opalescence est obtenue par dispersion et réfraction de la lumière du jour dans les plus infimes particules ou structures.

L'émail dentaire réfléchit la fraction bleue de la lumière, de courte longueur d'onde, transmet la lumière orangée chaude, de grande longueur d'onde, et luit dans la lumière transmise de façon similaire à l'ambre.

Dans les opales minérales, cette clarté iridescente, laiteuse, retrouvée dans la lumière réfléchie et le jeu de couleur rougeâtre présent dans la lumière transmise sont dûs à d'infimes inclusions d'eau et impuretés.

Pour les dents naturelles, ce sont les prismes de l'émail inorganiques qui sont responsables de cet effet.

* la fluorescence :



Biblio 23

La fluorescence naturelle ²⁴ des dents provient de la dentine.

La lumière ultraviolette, en tant que rayonnement électromagnétique du spectre non visible de lumière du jour, stimule cette forme particulière de luminescence.

Le rayonnement émis présente une grande longueur d'onde et une énergie moindre que le rayonnement lumineux absorbé.

La lumière incidente augmente l'énergie d'un électron qui atteint un niveau d'excitation et d'énergie instable pour ensuite retomber à un niveau d'énergie inférieur en émettant un rayonnement. En 1852, Sir George G. Stokes découvrit ce phénomène de la fluorine, un minéral fluorescent. Le composant céramique monté à l'intérieur de la couronne contient également un matériau fluorescent. Il en résulte un

éclat naturel du centre de la couronne, même en présence de conditions lumineuses changeantes.

« L'opalescence, la fluorescence et la transmission naturelle de la lumière sont des propriétés importantes pour l'esthétique des dents naturelles. L'opalescence résulte de la dynamique de la lumière dans l'émail, qui confère un aspect éclatant aux teintes des dents naturelles. C'est la dynamique de la lumière au niveau des dents naturelles qui donne vie. » (Dr Dario Adolphi. Natural Esthetics. Quintessence Sao Paulo 2002).²⁵

c. systèmes d'identification des couleurs :

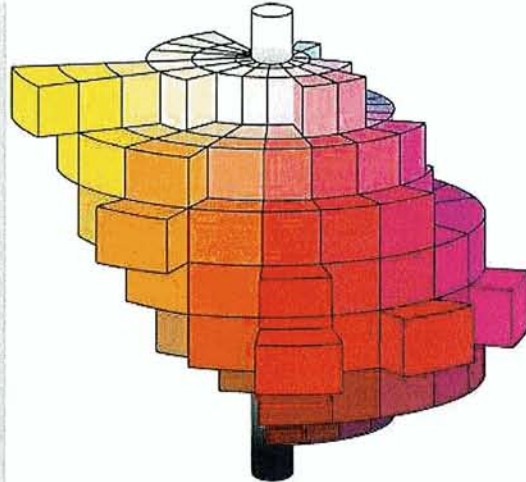
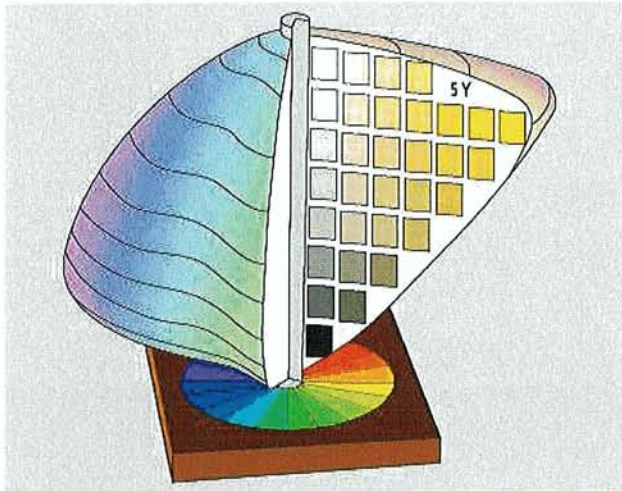
* système de Munsell :

Albert H. Munsell, peintre renommé et professeur d'art, étudia les couleurs au début du 20^{ème} siècle, et décida de les ordonner selon une méthode systématique. Il les classa visuellement dans un réseau cylindrique selon 3 critères: la teinte (hue), la luminosité (value) et la saturation (chroma). Ce système est à la base d'un atlas, dit "Atlas de Munsell" ²⁶ (ou arbre de Munsell), constitué d'un ensemble de planches obtenues par coupes d'un solide défini par le réseau cylindrique.

- la teinte : c'est la qualité de la lumière. Dans ce système, les teintes sont arrangées sur la circonférence d'un cercle. ²⁷

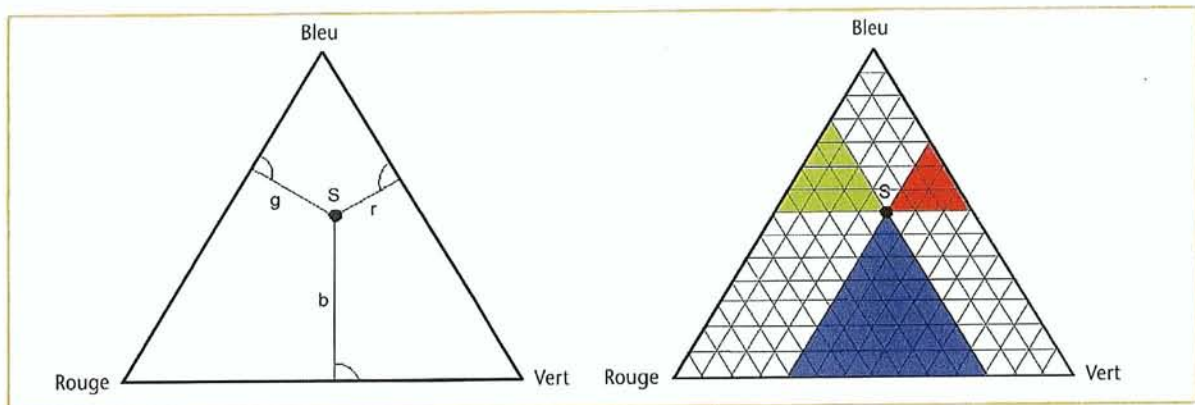
- la luminosité : elle varie des couleurs sombres, placées en bas de l'arbre, aux couleurs claires, placées en haut.

- la saturation : elle indique la pureté ou l'intensité de la couleur. Sur l'arbre, la saturation augmente horizontalement des couleurs grisées aux couleurs vives, placées en périphérie.



« Arbre de Munsell » ²⁶

* le triangle chromatique de Maxwell (27) :



En **1859**, le physicien écossais MAXWELL présenta sa « théorie de la vision », point de départ de la colorimétrie quantitative.

Il y démontrait que toutes les couleurs résultaient d'un mélange de trois couleurs spectrales Rouge, Vert et Bleu. Il avait placé les trois couleurs principales Rouge (R), Vert (V), Bleu (B) (soit en anglais : Red (R), Green (G), Blue (B)) aux sommets d'un triangle équilatéral et avait expliqué que chaque couleur composée se trouvait à l'intersection des lignes qui reliaient les couleurs principales à assembler.

* système CIE 1931 :

Dans les premières décennies du 20^{ème} siècle, le besoin d'un système objectif de définition de la couleur s'est fait de plus en plus ressentir.

Il était indispensable de disposer d'un système de couleurs à même de s'appuyer à la fois sur la capacité de l'œil humain à établir la concordance des teintes et sur une construction mathématique permettant de calculer la position de la couleur à définir en relation avec chacune des couleurs primaires.

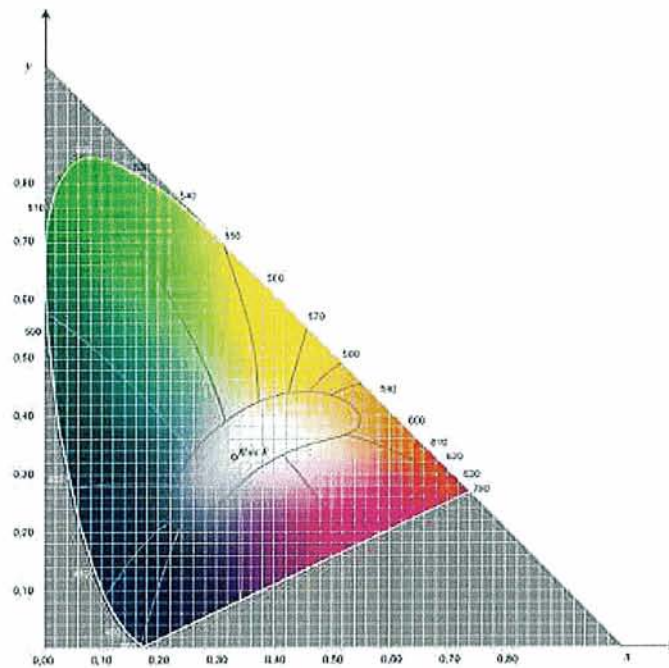
Ce système de couleurs ne devait pas faire appel à un étalon ; la comparaison entre une « teinte » à définir et un étalon standard relevant toujours de la subjectivité.

Les « teintes » étalons peuvent aussi se détériorer au fil du temps ce qui leur enlève tout crédit.

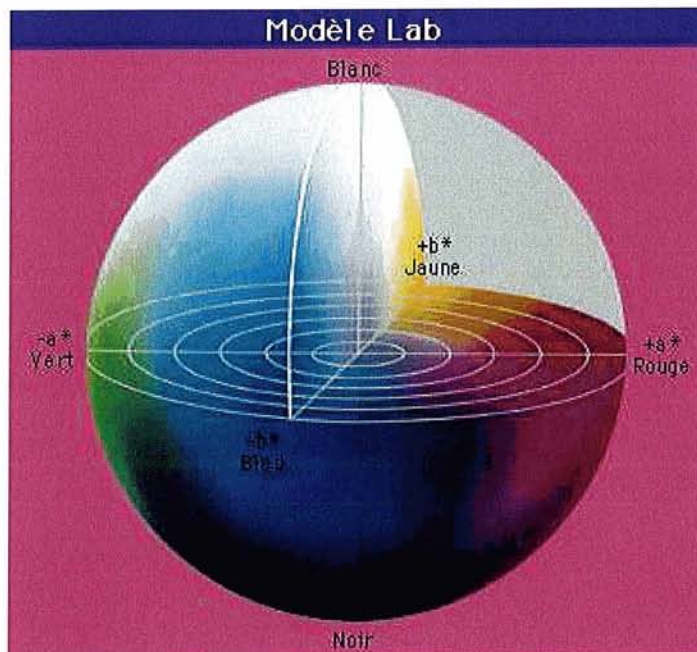
La Commission Internationale de l'Eclairage fut donc chargée de concevoir un « tableau de couleurs normalisé », reposant sur un principe mathématique capable de répondre à une quête de précision et d'objectivité. Le triangle chromatique du physicien Maxwell est à l'origine de ce tableau de couleurs normalisé.

Le point de départ est la méthode indirecte de mesure des couleurs par comparaison décrite plus haut (*colour matching*) : une couleur est mesurée par un observateur à qui un dispositif spécial permet de faire varier les proportions du mélange additif des trois couleurs primaires ; on parle alors de « valeurs trichromatiques » (*tristimulus values*), la "couleur" étant ici à comprendre comme la longueur d'onde. L'observateur notera le résultat sous la forme de trois indices chiffrés appelés par les lettres r, g, b.

En partant de ce principe, le CIE a conçu en 1934 le diagramme des couleurs (tableau de couleurs normalisé). Les anciennes valeurs de Maxwell RGB ont été mathématiquement reformulées et remplacées par trois nouveaux tristimulus values x, y et z. Dans la terminologie scientifique, ce système d'espace de couleurs CIE 1931 a été baptisé « cornet de couleurs » visible ci-dessous (13).



* Système CIE Lab (ou $L^*a^*b^*$) :



Biblio 13

Malheureusement, dans ce cornet de couleurs, il est impossible de définir les écarts chromatiques simplement (sous forme de distances).

Ainsi en **1976**, un nouveau système métrique proposé par la Commission Internationale de l'Eclairage, sous l'abréviation de CIE Lab, voit le jour.

Il représente le même espace de couleurs, mais utilise un système de représentation spatiale différent.

Il est lui aussi indépendant du matériel et modélise la vision humaine. Il se démarque aussi du XYZ en remplaçant la grandeur Luminance (Y), grandeur objective directement dérivée de l'intensité lumineuse par une grandeur plus subjective, la luminosité (L^*) qui correspond à la sensibilité de l'œil pour l'intensité lumineuse.

Pour mesurer la luminosité des couleurs, on passe donc d'une grandeur linéaire (Y) à une grandeur non linéaire (L^*) qui permet de se rapprocher de la vision humaine et qui rend ce modèle « perceptuellement » uniforme.

Dans le modèle CIE Lab, les informations de chromaticité s'appuient sur deux axes de couleurs perpendiculaires : l'axe a^* allant du rouge au vert et l'axe b^* allant du jaune au bleu.

L'opposition des couleurs est matérialisée par un point neutre central qui prend la valeur 0. Dans ce système, les valeurs de chromaticité s'étalent entre -300 et +299 sur les axes a^* et b^*

*Système CIE LCh (ou $L^*C^*h^\circ$) :

Ce système est identique au système CIE Lab, sauf qu'il décrit la situation de la couleur dans l'espace au moyen de coordonnées polaires plutôt que rectangulaires.

- L^* est une mesure de la luminosité (ou value ou hauteur) de la couleur d'un objet, elle s'étend de 0 (noir) à 100 (blanc).

- C^* est une mesure de la saturation (ou chroma), elle représente la distance entre l'axe L^* et le point coloré.

- h° (hue ou teinte) est une mesure de tonalité : il s'agit d'une valeur angulaire allant de 0° à 360° autour de l'axe a^* .

Si cet angle est compris entre 0° et 90°, on aura des rouges, des oranges et des jaunes. S'il est compris entre 90° et 180°, on aura des jaunes, des jaunes-verts et des verts. S'il est compris entre 180° et 270°, on aura des verts, des cyans (bleus-verts) et des bleus. Enfin s'il est compris entre 270° et 360°, on aura des bleus, des pourpres, des magentas et à nouveau des rouges.

Le système L*C*h° semble être le plus approprié à notre profession.

En effet, pour définir la couleur des dents, l'interaction des valeurs de luminosité (L), de saturation (c) et d'écart chromatique (h) est essentielle.

Il est plus simple pour le praticien de formuler la couleur avec les valeurs Lch car ces valeurs se réfèrent directement à des caractéristiques de couleur qui l'intéressent, à savoir luminosité (L), saturation (c) et teinte (h).

3) l'état de surface

L'état de surface des dents naturelles peut être très variable et il influence significativement la perception colorée.

Les dents jeunes ont en général une micro-géographie de surface tourmentée, riche en fossettes et en stries horizontales de croissance ou périkyaties, avec un état de surface généralement brillant.

Avec l'âge, l'usure abrasive et érosive de l'émail efface peu à peu ces irrégularités. La dent âgée prend un aspect lisse avec un état de surface caractéristique « émoussée luisant et brillant ».

Un état de surface brillant favorise la réflexion spéculaire et la transmission lumineuse à l'intérieur de la dent, ce qui diminue le niveau de la luminosité.

Un état de surface irrégulier favorise en revanche une réflexion diffuse « en halo », ce qui fait apparaître la dent plus claire avec un aspect « mat ».

L'état de surface des dents doit être systématiquement marqué sur la fiche de communication avec le laboratoire de prothèse.

4) caractérisations

Les caractérisations sont indissociables de la description de la couleur d'une dent naturelle. Il s'agit d'aspects colorés particuliers et localisés comme des taches blanches opaques de déminéralisation, des effets nuageux et laiteux en surface, des fissures de l'émail claires ou infiltrées, des colorations dorées de la lame dentinaire visible en transparence ou des infiltrations caramel, chocolat ou jaune d'or des sillons des tables occlusales des molaires et prémolaires.

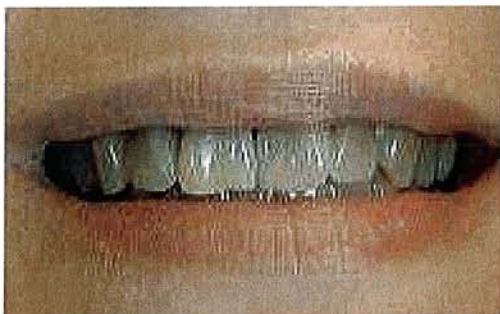
Pour la communication avec le prothésiste, le meilleur moyen est la photographie.²⁸

5) les dyschromies dentaires

a. les dyschromies primitives ou congénitales :

Elles sont dues à une atteinte ou à une maladie infectieuse générale lors de la formation des dents. Elles peuvent être généralisées ou localisées.

* pigmentation à la tétracycline :



Biblio 29

La tétracycline est un antibiotique prescrit pour les femmes enceintes dans les années 1970 pour contrer les nausées consécutives à la grossesse.

- coloration jaune –brun des dents : après un traitement long chez les jeunes enfants.

- coloration très marquée, indélébile car c'est la dentine qui est marquée par le pigment de l'antibiothérapie.
- la tétracycline a un tropisme important pour l'os et la matrice dentaire qu'elle imprègne sous forme de sels. Elle donne une coloration fluorescente aux UV.
- les dents atteintes ne présentent pas de fragilité particulière.

Remarque : autre médicament : Roacutane®, traitement contre l'acné.

*la dent verte : consécutive à l'ictère néonatale.

Les dents sont pigmentées par la bilirubine, produit de dégradation de l'hémoglobine.

*l'erythrodontie :



Les manifestations dentaires constituent l'un des symptômes d'une maladie génétique rare : la maladie de GUNTHER ou porphyrie congénitale.

Dans cette pathologie, les dents sont colorées en rosé.

Cette anomalie chromatique est associée à des urines rouges et à l'apparition de bulles sur la peau.

*les dysplasies dentaires :

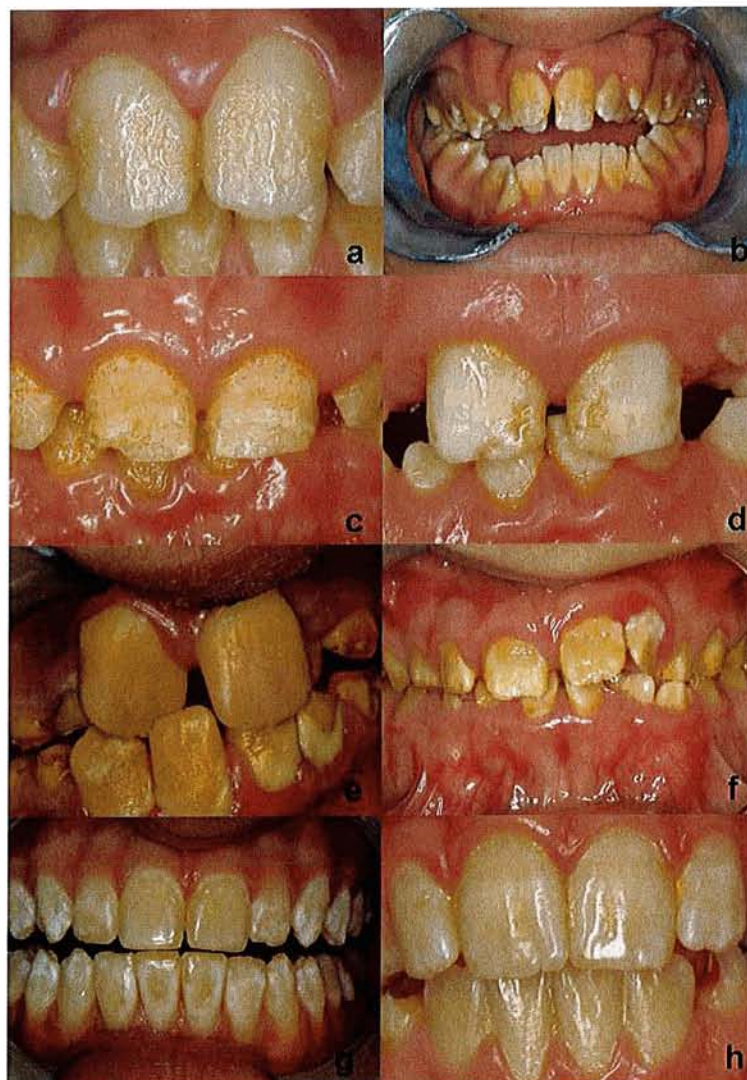
Ce sont des anomalies liées à une altération métabolique survenue au moment de la formation des tissus dentaires: dans le cas d'excès, on évoquera les « hyperplasies », à l'inverse dans le cas de défaut, ces anomalies seront appelées « hypoplasies ».

On distingue les hypoplasies simples des hypoplasies complexes.

Elles ont des origines différentes :

* De causes générales : atteinte de l'une ou de l'autre des dentures, dentine et émail peuvent être atteints. Les différentes formes cliniques sont :

- les hypoplasies simples (cupuliforme, linéaire, en bande),
- les hypoplasies complexes (dent de HUTCHINSON sur les incisives centrales maxillaires ou dent de MOZER sur les premières molaires maxillaires),
- l'hypominéralisation / hypocalcification : les fluoroses dentaires



* De causes locales : elles sont dans ce cas asymétriques sur une dent unique ou sur un groupe de dents. Les différentes formes cliniques sont :

- l'hypoplasie traumatique sur une dent lactéale avec une répercussion sur la dent définitive par une tache jaune, rose ou brune,
- la dent de TURNER d'origine infectieuse.

* Héréditaires : qui atteignent les deux dentures. Elles peuvent toucher l'émail, on parle alors d'amélogénèse imparfaite ; ou la dentine, on parle alors de dentinogénèse imparfaite.

b. les dyschromies acquises :

Il existe deux types d'étiologie :

* De causes intrinsèques : apparition d'une modification de la teinte par suite de la dégradation des vaisseaux de la pulpe dentaire (hémoglobine) :

- traumatisme : à la suite d'un traumatisme, il y a une rupture du paquet vasculo-nerveux et donc une nécrose du tissu pulpaire.
- poly-traumatismes sur les dents. En général, il s'agit d'un poly- traumatisme professionnel tel que le stylo en bouche en permanence chez une secrétaire. Il y a alors rupture progressive du paquet vasculo-nerveux avec une nécrose du sang pulpaire et le dépôt de pigments, tels que bilirubine ou biliverdine, dans les canalicules dentinaires.
- pathologie du parenchyme pulpaire : les trois affections qui colorent la dent sont :
 - une gangrène pulpaire qui correspond à une nécrose accompagnée d'un dégagement gazeux,
 - certaines pulpectomies avec obturation canalaire : quand une forte hémorragie survient lors de la pulpectomie, une présence de sang dans les canalicules entraîne une coloration rosée de la dent,

- une hyperplasie pulpaire qui donne un granulome interne. En général elle se produit sur une dent de lait, la pulpe sort alors de la dent et se transforme en polype.

Elle est également observée sur la dent définitive : dans ce cas, la pulpe dégénère et la destruction d'une partie de la dentine a lieu ce qui aboutit à la formation du Pink Spot (tache rose visible à travers sur la couronne).

* De causes extrinsèques : ce sont souvent des imprégnations de la dentine par une substance « colorante » dont la nature chimique varie :

- des sels métalliques :

le fer est responsable de coloration brune,
l'argent est responsable de coloration ardoisée,
le cuivre est responsable de coloration verte,
le zinc est responsable de coloration noirâtre.

- des produits chimiques :

le trinitriphénol est responsable de coloration jaune,
le mercure est responsable de coloration grisâtre,
les vapeurs nitreuses sont responsables de coloration verte,
le goudron est responsable de coloration noirâtre.

- odonto-iatrogènes :

l'amalgame dentaire est responsable de coloration grise-noire en raison de la diffusion des oxydes métalliques dans la lumière des canalicules dentinaires,
le révélateur de plaque est responsable de coloration des joints des composites en jaune ou rose selon la couleur du révélateur

- médicaments :

la chlorhexidine et la sanguinarine, principes actifs de nombreux bains de bouche, sont responsables par leur adsorption heureusement réversible de coloration jaune-brune,

- coloration microbienne :

la chlorophylle de certains aliments ou champignons est responsable de coloration verte,

certaines bactéries chromogènes sont responsables de colorations en taches brun-noir ou orange,

- colorations alimentaires :

les fruits rouges sont responsables de coloration rouge,

les thés, cafés, sodas sont responsables de coloration brune,

le tannin du vin est responsable de coloration noirâtre.

- coloration tabagique :

la nicotine favorise les colorations brunes ou noirâtres.

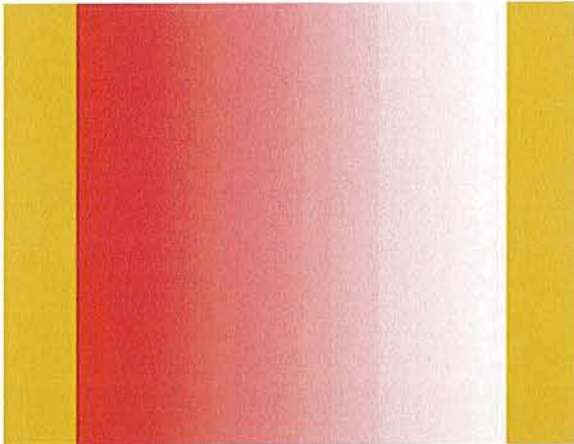
B. Les facteurs extrinsèques

1) L'environnement dentaire

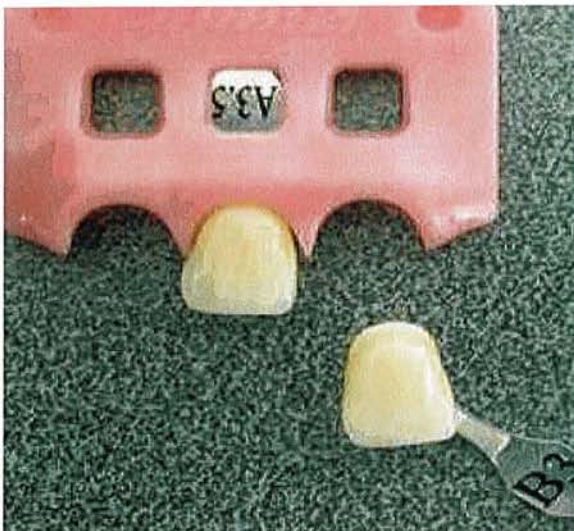
L'environnement dans lequel est positionné un objet a une forte influence sur la perception de sa couleur.

Notre perception des couleurs est toujours faussée, parce que lorsque l'on regarde un objet, l'œil a tendance à « mesurer », à comprendre, à évaluer sa couleur en fonction de la scène qui l'entoure.

La perception de la couleur devient pour une grande partie une affaire de contraste entre l'objet observé et l'environnement immédiat au contact duquel il se situe.



La bande jaune de droite paraît plus foncée et pourtant elles sont toutes deux identiques. Ceci est dû à l'effet d'absorption de la couleur jaune par le rouge environnant



Il en est exactement de même dans cet exemple : B3 paraît identique à A 3,5 du seul fait de l'absorption de la couleur par la proximité de la gencive.

Biblio 28

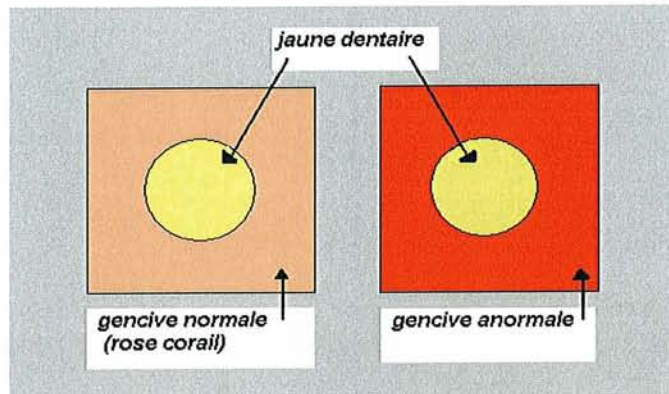
a. *buccal* : ³⁰

α. les dents adjacentes et antagonistes

Face ou à côté d'une dent absente, les dents présentes apparaissent plus claires par l'effet de contraste avec le caractère sombre de la cavité buccale.

β. la gencive

Elle peut influencer la teinte de la dent par une simple réflexion de ses pigments rougeâtres sur une dent qu'elle soit claire ou foncée. Quand l'intensité chromatique de la gencive augmente, les dents paraissent plus blanches (la blancheur dentaire croît quand la coloration gingivale s'intensifie).



C'est ainsi que, chez les personnes à peau noire, dont la gencive est brune, les dents semblent ou apparaissent plus blanches ou lumineuses.

γ. les lèvres

Lors de l'enregistrement de la couleur d'une dent, il est important que les lèvres soient naturelles, sans rouge à lèvres, pour éviter à nouveau cet « effet de contraste ».

δ. le visage

Il en va de même pour la peau du visage que pour les lèvres.

Elle doit être, dans les conditions d'enregistrement de la couleur, dans des conditions de maquillage et de bronzage « habituelles » pour le choix de la couleur des dents.

ε. la salive

Des dents déshydratées à cause de l'utilisation du spray apparaissent plus blanches (plus opaques mais moins brillantes) d'où l'importance d'enregistrer la teinte d'une dent de référence humide dans un environnement humide physiologique en étant recouverte idéalement d'un film de salive (Reis 2001) ¹⁴.

b. environnement :

Selon C. Gamain (2003) ³¹, « le cabinet dentaire idéal est une pièce située au nord avec une fenêtre située juste en dehors de l'angle visuel du praticien au travail, mais pouvant y pénétrer sans effort. Une fois l'ergonomie de circulation de la pièce déterminée, l'œil du praticien au travail ne doit rencontrer que des surfaces sombres, sans complémentaires. Les murs situés en arrière de l'œil ainsi que le plafond devraient être clairs pour éviter une sensation de claustrophobie ».

La pièce ou au moins un de ses murs doit être dans une teinte neutre, mettant les cônes de l'œil au repos, telle que le gris ou le beige.

Pour un praticien droitier, le sol, le mur derrière la tête et le mur à gauche du patient doivent nécessairement être sombres. Par contre, les deux autres murs et le plafond peuvent être parfaitement clairs et pourquoi pas blanc. ³¹

Le choix de la teinte d'une dent est toujours plus sombre dans une pièce meublée de façon foncée que dans une pièce très claire.

2) L'éclairage



Biblio 32

La lumière est le premier élément à maîtriser. En effet, comme chacun le sait, la perception colorée est différente selon la nature de l'illuminante (lumière du jour, lampe à incandescence ou tube fluorescent).

Classiquement il est conseillé de choisir la couleur de la dent à la lumière du jour au nord, par une journée moyennement ensoleillée.

Malheureusement ces conditions ne sont pas la règle, et il est donc préférable de standardiser le choix de la teinte sous une source lumineuse artificielle proche de la lumière du jour.

De nombreux équipements sont proposés aux praticiens.

L'éclairage de Gamain reste la référence en la matière.^{33, 34, 35}

Composé de tubes fluorescents lumière du jour, de lampes à incandescence et d'un tube de lumière noire, il équilibre l'ensemble des longueurs d'ondes émises par la lumière du jour ce qui n'est pas le cas des éclairages composés uniquement de néons.

Le plafonnier situé au-dessus et perpendiculairement au fauteuil doit être composé de lumière fluorescente et incandescente ayant une température de couleur équivalente à la lumière du jour c'est-à-dire 6500° Kelvin.

Le plafonnier doit être installé à une hauteur permettant de diffuser une lumière d'intensité située entre 1500 et 2000 Lux.

Si l'intensité de la lumière incidente est trop forte, les bâtonnets fatiguent, ce qui provoque un éblouissement.

Pour enregistrer la couleur d'une dent, le scialytique doit être éteint.

Une ambiance lumineuse et colorée neutre autour de la zone de travail est recommandée.

La problématique :

L'éclairage du poste de travail est le point crucial dans l'exercice au quotidien.

L'existence d'une couleur suppose la réunion d'une source lumineuse, d'un objet qui la réfléchit et d'un observateur.

L'acuité visuelle, incluant le contrôle visuel des couleurs varie en fonction du niveau d'éclairement.

Afin d'éliminer toute cause de fatigue supplémentaire, il est donc préférable de travailler en lumière blanche, avec un spectre qui se rapproche le plus possible de celui de la lumière du jour à laquelle l'œil est adapté et habitué.

Une nuance ne peut être exactement perçue qu'éclairée par un illuminant dont la répartition des énergies dans le spectre est parfaitement équilibrée et dont la température est de 6504° Kelvin.

Chaque jour, dans des conditions naturelles normales, le système visuel a recours à ¼ de notre énergie pour remplir ses fonctions (ajustement aux contrastes, à la distance, à la couleur de la lumière...).

Trop souvent négligé, l'éclairage général, s'il est déficient, est cause de fatigue (physique et nerveuse), de maux de tête et de troubles de la vue.

Un éclairage qui répond à ces exigences :

La gamme d'éclairage Gamain apporte une réponse adaptée aux différentes problématiques de :

- la vision des couleurs pour le contre-typage des couleurs (peintures, vernis, textile) et l'appréciation des nuances (art dentaire, prothèse dentaire, cosmétique, textile, cuir...),
- la fatigue visuelle générée par des activités nécessitant un fort niveau d'éclairement sous réserve d'un environnement adapté,
- l'ambiance psychologique défavorable créée dans des locaux aveugles (en rez-de-chaussée ou en sous-sol),
- la luminothérapie

3) l'œil humain



Biblio 36

L'œil humain est un des organes des sens qui nous permet le mieux de connaître le monde extérieur.

C'est l'organe de la vision ; il permet à un être vivant de « voir », c'est-à-dire analyser la lumière visible pour interagir avec son environnement. La lumière visible correspond à un certain rayonnement électromagnétique dont les longueurs d'ondes sont généralement comprises entre 390 nm (lumière ultraviolette) et 700 nm (lumière infrarouge).

L'œil s'adapte en premier lieu à la lumière ambiante.

Toutes les couleurs visibles par l'œil humain se trouvent dans un espace tridimensionnel désigné $L^*a^*b^*$ System : à mi-hauteur d'un axe vertical (axe L^* noir-blanc) on observe un plan gris avec 4 principaux axes aboutissant aux teintes vert/rouge (axe a^*) et bleu/jaune (axe b^*).

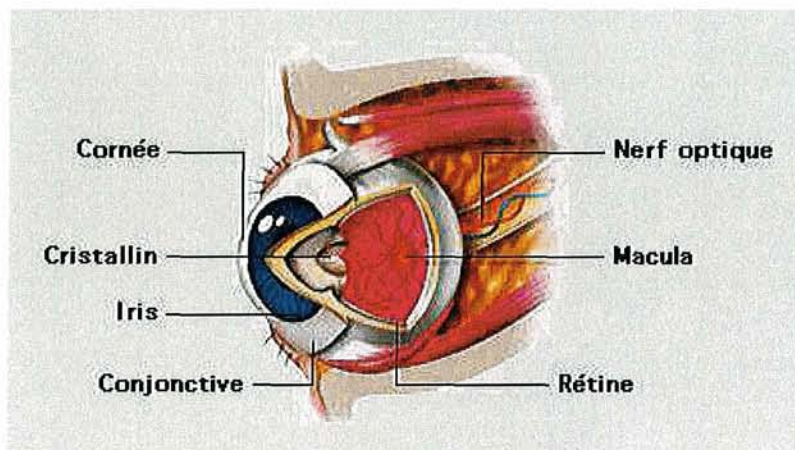
Toutes les couleurs composées se situent entre les couleurs principales et elles complètent le plan chromatique.

Sur ce plan, des couleurs se déploient à partir de l'axe central « incolore » noir-blanc : plus elles s'en éloignent, plus elles se colorent (saturation). Selon sa position et sa « hauteur » par rapport à l'axe central L^* (noir-blanc), ce plan chromatique apparaît plus ou moins clair ou foncé.

Pour définir les teintes des dents, l'interaction de valeurs de la luminosité (L^*), de la saturation (C^*) et de la teinte (h°) est essentiel le.

Les dents claires sont moins saturées et présentent une proportion de jaune plus élevée. Plus les dents foncent et plus elles sont saturées et rouges.

a. *rappels anatomiques* : ³⁷



Biblio 38

α. De forme approximativement ronde, l'œil comporte un ensemble d'éléments destinés à recevoir le rayonnement incident, former l'image des objets perçus et traiter les informations recueillies.

1. l'orbite est la cavité osseuse renfermant le globe oculaire.

2. Le globe oculaire a la forme d'une sphère de 23 mm de diamètre environ. Il comprend plusieurs éléments :

*la *sclère ou sclérotique*, véritable membrane protectrice très résistante de nature fibreuse et épaisse. Vers l'avant, elle devient plus bombée et transparente et forme la cornée.

*la *cornée* est une calotte sphérique de 16mm de diamètre et de 2mm d'épaisseur. Elle protège le globe oculaire sur sa face antérieure.

*sur la face interne de la sclérotique se trouve la *choroïde* pigmentée de noir. Vers l'avant, celle-ci prend une forme circulaire plane, c'est l'iris.

*l'*iris* peut être diversement coloré (bleu, vert, brun), il fonctionne comme un diaphragme en dosant la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil. Son ouverture centrale est la *pupille*.

*le *cristallin*, lentille convexe dont la convergence est commandée selon la distance de l'objet regardé, par les contractions des muscles ciliaires situés en périphérie. Cette souplesse de déformation diminue avec l'âge.

*l'*humeur aqueuse* est un liquide transparent qui remplit la cavité comprise entre la cornée et le cristallin.

*la *rétiline* est une membrane très fragile, jaunâtre et transparent qui tapisse le fond de l'œil. C'est la partie sensible de l'œil. Cette sensibilité est due aux deux sortes de cellules photosensibles : les cônes et les bâtonnets. C'est à ce niveau que se forment les images provenant de l'extérieur. La *macula* ou tache jaune qui contient en son centre une petite dépression, la *fovéa* qui correspond à la zone d'acuité maximum de l'œil.

*l'*humeur vitrée* remplit le globe oculaire entre le cristallin et la rétine. C'est un liquide transparent et gélatineux.

3. les muscles oculomoteurs au nombre de 6 chez l'humain (4 droits et 2 obliques) qui ont un rôle de déplacement du globe oculaire.

4. les paupières sont des membranes dont les principaux rôles sont : l'isolation du rayonnement électromagnétique, le renouvellement du film de larmes, le nettoyage et la protection de la cornée par clignement.

5. Les glandes lacrymales qui secrètent 40% des larmes.

β. Les cônes : ce sont les cellules sensibles à la « couleur ».

Ils participent à la vision diurne.

Ils fournissent une réponse photométrique et chromatique grâce à des pigments dont le maximum d'absorption se situe dans le bleu, rouge ou vert : base de la vision des couleurs et son aspect trichromatique.

Les bâtonnets sont responsables de la vision nocturne et possèdent un maximum de sensibilité vers 510 nm. Ces cellules ont une forme allongée, sont colorées en rose par le pourpre rétinien qui les rend sensibles à la lumière. Ils ne sont pas sensibles à la couleur et travaillent essentiellement en vision crépusculaire.

Les cônes sont beaucoup moins sensibles à la lumière que les bâtonnets mais sont sensibles aux différences de couleurs. Ceci explique pourquoi on ne perçoit plus les couleurs la nuit, l'intensité de la lumière est trop faible pour exciter les cônes et seuls les bâtonnets sont excités. Cônes et bâtonnets ³⁹ constituent les récepteurs de lumière de l'œil, ils sont reliés par différents neurones au nerf optique qui conduit les informations au cerveau.

b. la perception des couleurs : ⁴⁰

La définition de la couleur n'est pas la même pour un physiologiste, un physicien ou un peintre.

Pour un physiologiste qui étudie les fonctions organiques de la vision, la couleur est une sensation colorée.

Pour un physicien, la couleur n'est que le résultat de la décomposition de la lumière blanche. Pour lui, la lumière est synonyme de lumière colorée. Celle-ci est définie par sa longueur d'ondes.

Pour un peintre, un teinturier, un imprimeur, la couleur est la matière colorée utilisée pour produire la colorisation.

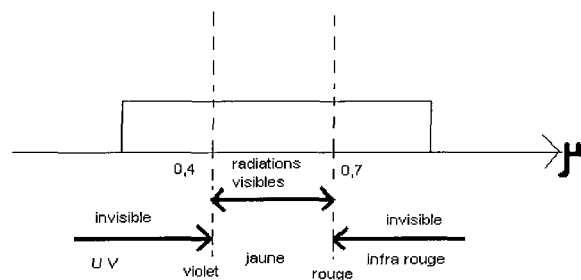
Un être humain dont la vision des couleurs est considérée normale est capable de percevoir environ 15000 nuances.

Les cônes rétiens permettent la perception des couleurs fondamentales : vert, bleu et rouge.

Les signaux sont ensuite transmis après leur réception par les voies optiques vers le cerveau sous forme de messages codés par couples antagonistes rouge-vert et bleu-jaune.

Ces informations ne sont perçues comme des couleurs qu'à partir d'une certaine intensité du faisceau lumineux appelée « seuil chromatique ».

La sensibilité de l'œil en fonction de la longueur d'onde de la radiation perçue n'est pas constante tout au long du spectre visible qui s'étend de 0,4 à 0,7 μm .

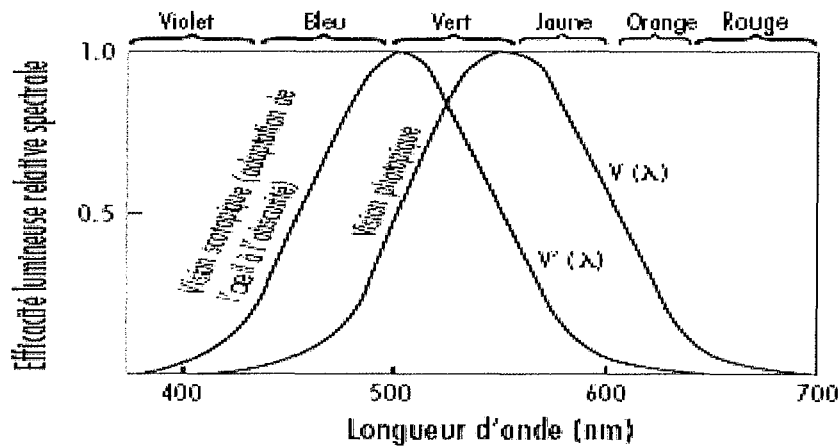


SPECTRE VISIBLE ET INVISIBLE

Biblio 41

Le maximum de sensibilité est obtenu pour la lumière « jaune-vert » et les 2 minima sont atteints pour les lumières rouge et bleue.

Lorsque l'intensité de l'éclairage ou l'illuminant diminue, la courbe de réponse de l'œil se décale vers la gauche : le maximum de sensibilité correspond à la couleur verte.



Biblio 42

Lorsque l'intensité de la lumière diminue encore- ce qui est le cas en vision nocturne- toute notion de « couleur » disparaît : on ne perçoit plus alors que les objets qu'en nuance de gris allant jusqu'au noir.

Un dicton populaire ne dit-il pas : « dans la nuit tous les chats sont gris » ?

La couleur des objets, telle qu'elle est perçue par le cerveau est une sensation physiologique nécessitant la conjonction de 3 facteurs :

α. la nature de l'objet

Si nous observons en lumière « blanche » différents papiers colorés et que nous disons que l'un est rouge, l'autre jaune et le troisième bleu, cela signifie que le premier des trois papiers absorbe toutes les longueurs d'onde de la lumière incidente sauf le rouge, que le second des trois papiers uniquement les radiations jaunes après avoir absorbé toutes les autres. Le même raisonnement s'applique pour le troisième papier qui ne réfléchit que la longueur d'onde du bleu.

Une feuille de papier blanc réfléchit en principe toutes les longueurs d'ondes du spectre visible.

A l'inverse, un corps de couleur « noire » absorbe au contraire toutes ces longueur d'ondes et n'en « réfléchit » aucune.

β. la nature de la lumière incidente ou illuminant.

Il s'agit d'un rayonnement lumineux qui éclaire un objet et dont la réflexion de certaines longueurs d'ondes en quantité plus ou moins importantes, permet à l'œil d'en recevoir le message « coloré » et de lui affecter un terme plus ou moins précis dans le langage commun.

La couleur d'un objet est donc liée à la lumière qui l'éclaire. En effet, prenons par exemple un objet qui paraît de couleur jaune à la lumière du jour.

Exposé à une lumière « rouge » ce même objet apparaîtra rouge clair, éclairé par une lumière verte, il paraîtra brun.

γ. propriétés de l'œil qui perçoit le message et le transmet au cerveau

Jusqu'à présent nous avons considéré que l'œil de l'observateur était « normal »^{43, 44, 45}. L'observateur normal est considéré comme « trichromatique » c'est-à-dire que son œil est sensible aux trois couleurs fondamentales (rouge, vert et bleu)^{46, 47}, ce qui lui suffit pour avoir la sensation de toutes les couleurs.

Mais il existe des défauts de l'œil⁴⁸ ou dyschromatopsies.

c. les dyschromatopsies : ^{49, 50}

α. Héréditaires : le daltonisme

**les différentes formes*

Le physicien anglais John Dalton a décrit il y a deux siècles l'anomalie de la vision des couleurs.

Le daltonien ne dispose pas des trois canaux normaux pour former les couleurs :

- soit l'un des canaux est absent, alors le daltonien est dit « dichromate », il ne forme les couleurs qu'à l'aide de deux canaux. Si le rouge manque, le sujet est

appelé protanope ; si le vert manque, il est deuténarope (le plus fréquent) ; si le bleu manque (extrêmement rare), il est tritanope.

- soit l'un des canaux est présent mais déficient, le daltonien est alors « trichromate anormal ». si le rouge est déficient, il est appelé protanomal ; si c'est le vert, il est deutéranomal ; si c'est le bleu, il est tritanomal.

**le gène du daltonien*

Plus l'anomalie est importante, plus la gêne du porteur est grande.

Chez le trichromate anormal, les erreurs sont peu visibles dans la vie courante.

En revanche, chez le dichromate, il existe d'importantes confusions colorées qui le rendent totalement inapte à toute tâche professionnelle ayant une forte implication colorée.

Il est habituel de dire que le daltonien confond le vert avec le rouge ; en réalité, leur perception du monde coloré est très éloignée de celle du trichromate normal en ce sens que leur environnement ne comporte que deux couleurs dominantes (habituellement le bleu et le jaune) avec de nombreuses nuances.

**la transmission du daltonisme*

Dans les deux formes les plus courantes (déficits du rouge et du vert), la transmission de l'anomalie est héréditaire et passe par le chromosome sexuel X.

On peut donc parfaitement prévoir statistiquement les risques encourus par la descendance des sujets dyschromates et retrouver chez les ascendants les porteurs des gènes déficients.

En France, la proportion de daltoniens est d'environ 8% chez les hommes et 0,45% chez les femmes. Le daltonisme n'est pas une maladie. Aucune méthode ne permet valablement d'améliorer les performances colorées du daltonien.

**dépistage et incidence professionnel*

Il est important, pour éviter les déconvenues, que les jeunes daltoniens connaissent leur anomalie avant les phases de leur orientation scolaire et professionnelle.

Le dépistage est souvent fait par la médecine scolaire à l'aide de planches colorées destinées à piéger le déficit. Néanmoins seul l'ophtalmologiste dispose des moyens et des compétences nécessaires au diagnostic qualitatif et quantitatif de la dyschromatopsie.

Ce diagnostic précis est le préalable indispensable à un conseil avisé sur le plan de l'orientation professionnelle future. ⁵¹

β.acquises

Lors de certaines maladies oculaires ou générales (glaucome, diabète...), la vision des couleurs peut être altérée de manière souvent imperceptible pour le patient.

La découverte de ces anomalies permet dans certaines circonstances à l'ophtalmologiste, à l'aide de tests spécifiques, de porter ou d'étayer un diagnostic. Ces anomalies apparaissent souvent à un stade très précoce de la maladie.

Leur découverte permet alors d'intervenir rapidement dans la mise en œuvre du traitement.

Contrairement aux dyschromatopsies héréditaires qui sont immuables, les anomalies acquises sont variables au décours de la maladie qui les a provoquées et sont indirectement curables par le traitement de la maladie causale.

d. le métamérisme :

On appelle métamérisme les variations de couleur que subit un objet en fonction des différentes sources naturelles qui l'éclairent.

Cet effet est directement lié à la température de couleur et à la distribution spectrale de la source lumineuse.

La cause principale en revient donc à certains illuminants artificiels (lampe à incandescence, tube fluorescent...) qui produisent leurs effets sur certaines couleurs.

Le métamérisme ne concerne que des variations sur la teinte et non sur les deux autres grandeurs qui sont la luminosité et la saturation. Tous les types d'objet sont concernés.

Le métamérisme peut expliquer très aisément 2 situations différentes :

- 2 couleurs apparaissant comme absolument identiques sous un éclairage donné seront vues différentes sous un autre type d'éclairage,
- 2 couleurs apparaissant nettement différentes l'une de l'autre sous un éclairage seront vues comme identiques sous un autre type d'éclairage.

Le métamérisme est la propriété d'une couleur à modifier son aspect visuel selon la nature de la lumière ou de l'illuminant qui l'éclaire.

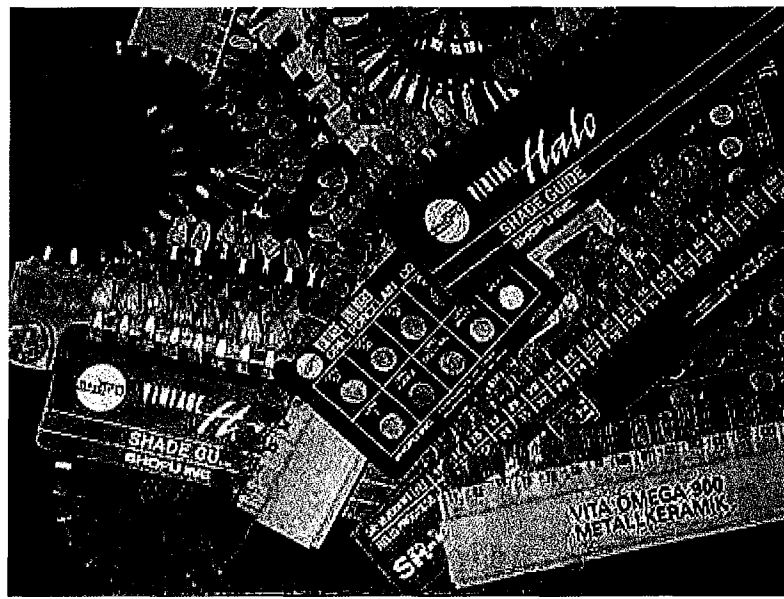


Biblio 44

III. DESCRIPTION DES DIFFERENTS SYSTEMES D'ENREGISTREMENT DE LA COULEUR DENTAIRE

Les systèmes peuvent être divisés en systèmes manuels encore appelés « teintiers » et en systèmes numériques.

A. Les teintiers :



Il s'agit de la méthode la plus ancienne de détermination de la couleur.^{52 à 56}

Leur principe est simple : il consiste à comparer visuellement les barrettes « échantillon » du teintier avec la dent naturelle à imiter, jusqu'à trouver l'échantillon dont la couleur est la plus proche de la dent.

Chaque teintier a sa méthodologie indiquée par le fabricant.⁵⁷

L'enregistrement de la couleur devrait s'effectuer, pour éviter tout risque d'erreur, dans des conditions idéales au niveau colorimétrique caractérisées comme suit :

- dans un « environnement » coloré neutre,
- avec une exposition solaire indirecte,
- en fin de matinée et
- idéalement par ciel nuageux.

Si ces conditions ne peuvent être réunies, on utilisera des conditions d'éclairage dit « artificiel de type lumière du jour » qui est caractérisé par un spectre blanc continu avec un éclairement de 2000 lux et une température de couleur proche de 6500° Kelvin.

L'utilisation des teintiers s'accompagne souvent également de la réalisation d'un schéma détaillé de l'état de surface de la dent controlatérale qui sert de référence. Le choix de la teinte est subjectif puisqu'il dépend de la sensibilité de l'œil ⁵⁸ de l'observateur, de la qualité de la lumière environnante et de l'environnement dentaire.

On peut classer les teintiers en deux catégories :

1) les teintiers construits par famille de teintes

Dans cette catégorie, nous pouvons citer :

- le « Teintier Vitapan Classical® »

Il a été créé en 1956 sous le nom de « Vita Lumin Vacuum® » par la société Vita®.

Il a été pendant des décennies le plus largement répandu dans les cabinets dentaires.

Il a été considéré comme le « teintier standard ou de référence » par les fabricants de poudres de céramiques en raison de sa « simplicité » d'utilisation.

En raison de son succès clinique et dans un souci d'analogie avec les résines composites dentaires, la terminologie Vita a été reprise par un très grand nombre de fabricant de résines composites dentaires.



Biblio 28

Description :

Il est composé de 16 échantillons ayant la forme de la moitié d'une couronne dentaire.

Ces échantillons sont divisés en 4 teintes différentes : A, B, C et D.

- la teinte A est considérée comme « brun-rougeâtre »,
- la teinte B est considérée comme « jaune-rougeâtre »,
- la teinte C est considérée comme « grise » et
- la teinte D est considérée comme « gris- rougeâtre ».

Chacune des 4 teintes est proposée en plusieurs niveaux de saturation :

- de la saturation la plus faible (ou la luminosité la plus élevée) qui est codifiée par l'indice ou la valeur 1,
- à la saturation la plus élevée (ou la luminosité la plus faible) qui est codifiée par l'indice ou la valeur 4.

En tenant compte de ces 2 seuls paramètres de teinte et de saturation, 16 possibilités colorimétriques sont proposées aux praticiens :

- A1, A2, A3, A3.5, A4,
- B1, B2, B3, B4,
- C1, C2, C3, C4,
- D1, D2, D3, D4.

Ces différentes « couleurs » ont pu être par ailleurs classées dans un ordre décroissant de luminosité comme suit :

B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, A3, D3, B3, A3.5, B4, C3, A4, C4.

Avantages :

Il s'agit essentiellement d'une simplicité dans son utilisation

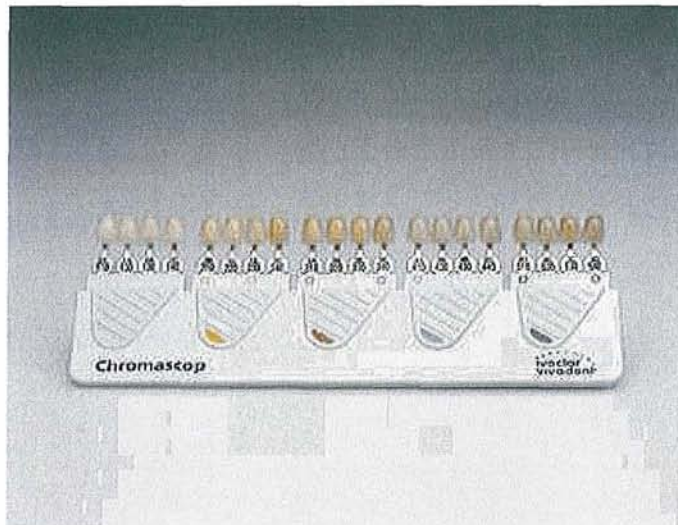
Inconvénients :

Il s'agit d'une méthode d'évaluation de la luminosité des dents imprécise.

Par ailleurs ce « teintier » souffre d'une insuffisance dans les échantillons saturés pour les dents des patients âgés.

- le teintier « Chromascop[®]

Il a été créé en 1990 par la société Ivoclar Vivadent[®].



Biblio 52

Description :

Il se présente sous la forme de 20 échantillons ayant comme pour le teintier précédent une forme de la moitié d'une couronne dentaire.

Ces échantillons sont classés en 5 groupes, comprenant chacun 4 échantillons différents, correspondants pour chacun d'entre eux à une tonalité chromatique différente caractérisé par des indices différents:

- le groupe 1 avec l'indice 100 pour la « famille chromatique claire »,
- le groupe 2 avec l'indice 200 pour la « famille chromatique jaune-orangée »,
- le groupe 3 avec l'indice 300 pour la « famille chromatique brun »,
- le groupe 4 avec l'indice 400 pour la « famille chromatique gris »,

- le groupe 5 avec l'indice 500 pour la « famille chromatique brun foncé ».

Chaque groupe de teinte se décline ensuite en 4 niveaux différents de saturation chiffrés 10, 20, 30 et 40 : 10 pour la teinte la plus lumineuse et 40 pour la teinte la plus saturée.

Les avantages de ce teintier sont les suivants:

- il peut être considéré comme un teintier permettant un enregistrement en 2 dimensions, caractérisé par une stratification des couches d'émail pour la luminosité et des couches de dentine pour la saturation,
- il offre aux praticiens de nombreux échantillons pour les situations cliniques caractérisées par une saturation élevée,
- son « utilisation » est rapide, logique et « sûre », termes proposés par le fabricant.

2) les teintiers construits par groupe de luminosité

Dans ce groupe, nous décrirons le « teintier Vitapan 3D Master[®] » fabriqué par la société Vita[®] et commercialisé à partir de 1998.



Biblio 52

Description :

Il se présente dans sa forme initiale sous la forme de 26 échantillons répartis en 5 degrés (codifiés 1, 2, 3, 4 et 5) de luminosité (Value) croissante de la teinte allant de 1 (clair) à 5 (sombre).

Une version plus récente et actualisée tient compte de situations cliniques où les dents sont caractérisées par un niveau de luminosité très élevé rencontré après les procédures d'éclaircissement.

Ce nouveau groupe est caractérisé par la terminologie « 0 » avec 3 niveaux de saturation (1, 2 et 3) et une seule teinte (M).

Pour chaque groupe de luminosité, il existe 5 groupes de saturations différents représentés par des chiffres allant de 1 (pâle) à 3 (vif); 3 niveaux intermédiaires sont proposés donnant ainsi 5 possibilités différentes codifiées : 1, 1.5, 2, 2.5 et 3.

Les groupes de luminosité 2, 3 et 4 sont proposés en 3 niveaux de teintes L -sous-groupe de tendance jaune -, M et R – sous-groupe de tendance rougeâtre- alors que les groupes de luminosité 1 et 5 sont proposés en un seul niveau de teinte : M.

L'utilisation de ce « teintier » implique 3 phases cliniques successives :

- étape 1: elle consiste à déterminer la luminosité la plus adaptée parmi les groupes 1, 2, 3, 4 et 5, en partant du groupe le plus « foncé » (terminologie 5),
- étape 2 : elle consiste à sélectionner la saturation la plus adaptée,
- étape 3 : elle consiste à définir la teinte en vérifiant si la dent naturelle est plus rouge (R) ou plus jaune (L) que l'échantillon sélectionné.

Avantages :

Ce teintier donne la priorité à la détermination du facteur le plus important dans la réussite de la couleur : la luminosité.

Il comporte une gamme étendue d'échantillons dans les couleurs saturées et dans les couleurs claires.

Le choix de la couleur est plus précis, plus scientifique et plus rapide qu'avec les teintiers précédents.

Le mélange des couleurs est possible ce qui permet de concevoir des teintes composées.²⁷

1M1	1.5M1	2M1	2.5M1	3M1	3.5M1	4M1	4.5M1	5M1
1M1.5	1.5M1.5	2M1.5	2.5M1.5	3M1.5	3.5M1.5	4M1.5	4.5M1.5	5M1.5
1M2	1.5M2	2M2	2.5M2	3M2	3.5M2	4M2	4.5M2	5M2
	1.5M2.5	2M2.5	2.5M2.5	3M2.5	3.5M2.5	4M2.5	4.5M2.5	5M2.5
		2M3	2.5M3	3M3	3.5M3	4M3	4.5M3	5M3

A partir des 14 teintes principales M, on obtient 23 autres teintes composées exactement définies

	2R1.5	2.5R1.5	3R1.5	3.5R1.5	4R1.5	
	2.5R2	2.5R2	3R2	3.5R2	4R2	
	2R2.5	2.5R2.5	3R2.5	3.5R2.5	4R2.5	

A partir des 6 teintes principales R, on obtient 9 autres teintes composées exactement définies

	2L1.5	2.5L1.5	3L1.5	3.5L1.5	4L1.5	
	2L2	2.5L2	3L2	3.5L2	4L2	
	2L2.5	2.5L2.5	3L2.5	3.5L2.5	4L2.5	

A partir des 6 teintes principales L, on obtient 9 autres teintes composées exactement définies

Biblio 27

B. Les systèmes numériques^{59 à 63}

1) les spectrophotomètres⁶⁴

Ils analysent les longueurs d'onde réfléchies d'une lumière incidente polychromatique visible.

Le spectre réfléchi est mesuré en de très nombreux points, à intervalles faibles.

Il est ensuite comparé à une base de données pour en déduire la couleur de la dent. Pour une mesure optique, plusieurs millions de points de référence sont analysés sur une dent.

Ces appareils sont actuellement les plus précis et ne posent pas de problèmes de vieillissement de la source lumineuse.

a. le « Spectro Shade® »



Biblio 65

Description :

Il a été commercialisé en 2001 par la société MHT International.

Il analyse les longueurs d'ondes réfléchies en un très grand nombre de points et recompose des cartographies de la dent en 3D (teinte, saturation et luminosité) et de la translucidité.

Avantages :

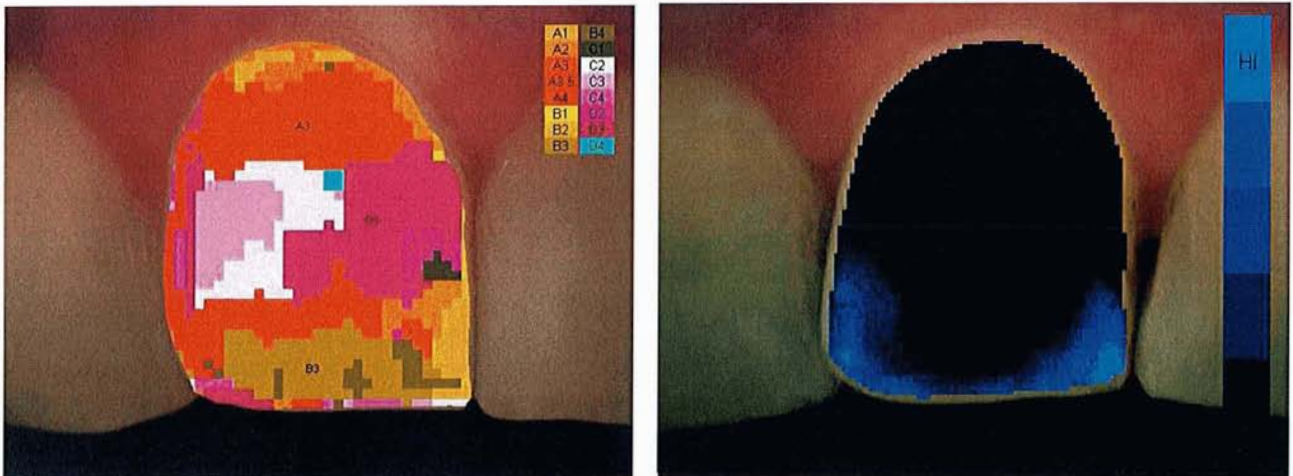
Il permet de faire des évaluations de la prothèse en cours de réalisation au laboratoire.

Il comprend un logiciel permettant la transmission de fiche détaillée.

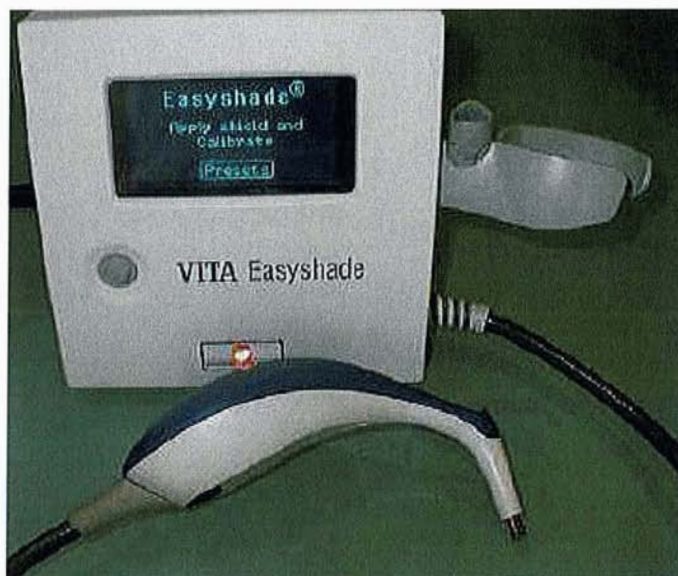
Inconvénients :

Cet appareil reste très onéreux.

Le style de résultats que nous pouvons obtenir avec le « Spectro Shade® » sont :



b. le « Vita Easy Shade® » »



Biblio 66

Description :

Il a été commercialisé en 2002 par la société Vita®.

Il fonctionne sans ordinateur et utilise comme référentiel les deux teintiers Vita[®] (Vitapan Classical[®] et Vitapan 3D Master[®]).

La mesure se fait à l'aide d'une fibre optique par un spot central de 8mm placé dans la zone moyenne de la couronne de référence.

Avantages :

Il est rapide et facile d'utilisation car il ne possède pas de logiciel de communication avec le laboratoire de prothèse.

Son coût est faible.

La lecture du résultat est rapide et se fait directement sur la base.

Sa manipulation reste d'une totale « simplicité » grâce à un écran tactile bien lisible, un appareil mobile et léger ainsi qu'une fine pointe courbe capable d'atteindre toutes les dents.

Cet appareil conserve une certaine « objectivité » car ni les conditions d'illumination ni l'utilisateur ne sont susceptibles d'influencer le résultat.

Il est rentable et efficace car il nécessite un faible temps d'apprentissage ; l'enregistrement de la couleur peut-être même « déléguée ».

La précision de la mesure réalisée est très importante grâce à une mesure spectrophotométrique.

Ses atouts reconnus sont : label de qualité pour le laboratoire, standardisation, reproductibilité, rapidité et sécurité.

Il présente un large éventail de teintes de dents : 26 teintes VITA « système 3D master[®] », 3 teintes blanchies VITA « système 3D master[®] » et les 16 teintes « Vitapan Classical[®] ».

Inconvénients :

Il ne possède pas de logiciel de communication avec le laboratoire de prothèse.

c. L'« Identa Color II[®] »

Description :

Il a été commercialisé par la société Identa[®].

Avantages :

Un ordinateur est facultatif.

La lecture est rapide sur la base.

La communication avec le laboratoire de prothèse s'effectue par un ticket imprimé par la base ou via internet.

2) les colorimètres^{67 à 70}

Ils analysent la couleur par des mesures de réflexion de la lumière source au travers de trois filtres : rouge, vert et bleu, ce qui définit une couleur par ses coordonnées trichromatiques.

Les mesures sont moins précises qu'avec les spectrophotomètres et elles sont sensibles au vieillissement de la lumière.

a. le « Shade Eye Chroma Meter EX[®] »



Biblio 71

Description :

Il a été commercialisé en 1998 par la société Shofu®.

Il a marqué le début des systèmes instrumentaux numériques de détermination de la couleur en odontologie.

La prise de teinte est limitée à l'analyse spectrale de la réflexion lumineuse en un seul point. Un logiciel informatique permet de traiter les données.

Avantages :

La lecture se fait de manière directe sur l'appareil.

Un ordinateur reste facultatif.

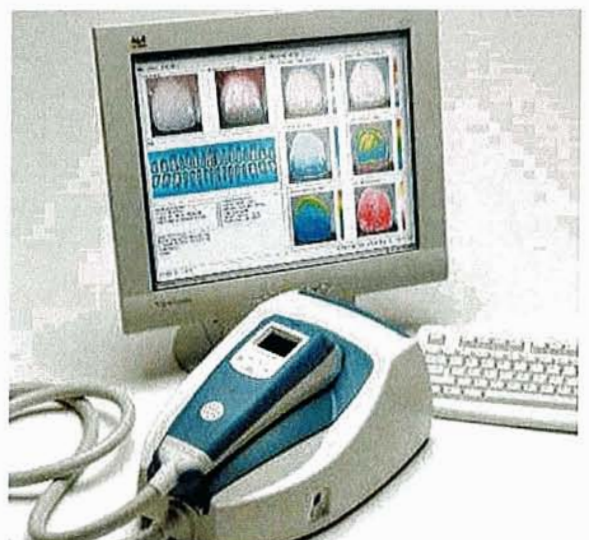
La communication avec le laboratoire de prothèse s'effectue par un ticket imprimé par la base ou via internet.

Inconvénients :

L'analyse reste restrictive (ponctuelle unique).

Cet appareil est onéreux (6800 euros).

b. le « Shade Scan® »^{72, 73}



Biblio 72

Description :

Il a été commercialisé en 2000 par la société Cynovad®.

Il utilise le principe de l'analyse comparative de prise de vue des dents par un appareil numérique avec une banque d'images d'échantillons des teintiers les plus connus.

La dent peut être analysée globalement par des cartographies 3D (teinte, saturation et luminosité) et de la translucidité.

L'ensemble des informations est regroupé sur une fiche de communication détaillée qui peut être envoyé via internet.

Avantages :

Du cabinet dentaire...

Il est rapide, simple et efficace : acquisition de l'image numérique de la dent en un seul clic, enregistrement des commentaires vocaux, envoyer le cas au laboratoire, aucun ordinateur requis.

Ses principaux avantages sont :

- la prise de teinte objective et reproductible
- il permet de réaliser une économie de temps
- la teinte peut être numérisée
- on élimine les erreurs de prise de teinte et améliore l'image de marque de la pratique,
- il facilite la communication entre le dentiste et le laboratoire.

Ses caractéristiques principales sont : portatif, ergonomie et grande lisibilité grâce à un écran LCD, barrière aseptique efficace, flash- cards et lecteur inclus, port USB.

...au laboratoire

Il est précis, complet et pratique : réception du cas, sélection d'une image, écoute des commentaires vocaux, création de la prothèse, contrôle de la qualité de la teinte de la prothèse. Ordinateur requis.

Ses avantages sont :

- il assure une certaine objectivité et une constance dans la mesure et la communication de la teinte
- Il permet de réaliser une économie de temps
- Il permet d'effectuer des teintes personnalisées sans voir le patient
- Il simplifie la gestion du département de céramique
- Il inclut une formation personnalisée.

Ses caractéristiques sont : lecteur portatif ergonomique, grande lisibilité grâce à un écran LCD, calibration automatique, contrôle instantané de la qualité, enregistrement des commentaires vocaux, cartes mémoires pour l'enregistrement automatique des données, possibilité de communiquer la teinte par Internet, logiciel Shade Scan permettant le traitement et l'analyse des données et la production d'un rapport détaillé des cartographies.

Inconvénients :

Il reste onéreux (7500 euros)

c. le « Shade Vision® »



Biblio 73

Description :

Il a été commercialisé en 2002 par la société XRite®.

Il enregistre des images numériques globales de la dent. Puis sur l'ordinateur un logiciel permet d'analyser cette image et d'obtenir des cartographies détaillées par zones de références de couleur ainsi que des cartographies qui déclinent les trois dimensions de la couleur : saturation, teinte et luminosité.

Avantages :

Il permet des essais virtuels au laboratoire sur les prothèses en cours d'élaboration grâce à une boîte noire et un cadre gingivale artificiel.

La communication avec le laboratoire est réalisée par un enregistrement de l'analyse sur l'ordinateur.

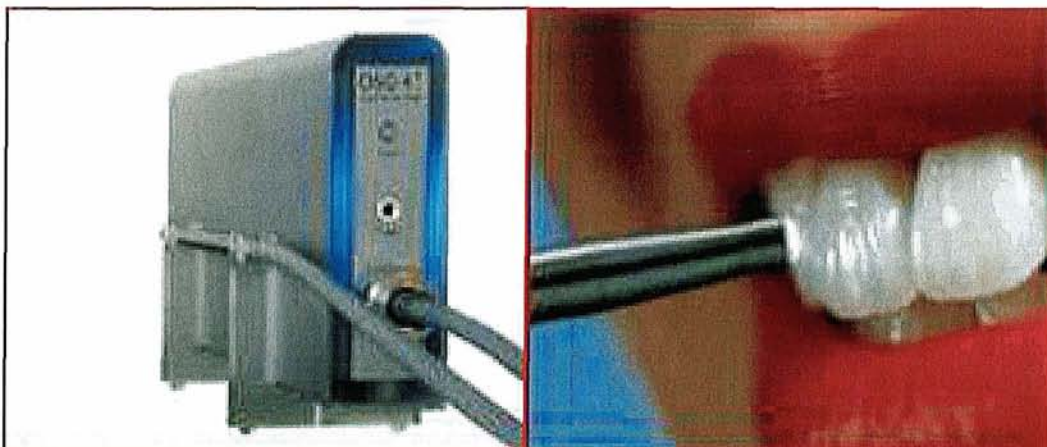
Inconvénients :

Le logiciel informatique reste sophistiqué.

Il nécessite un ordinateur.

Il reste onéreux (7300 euros avec l'ordinateur).

d. le « Digital Shade Guide® » et « Chromatis® »



Biblio 74

Description :

Le « Digital Shade Guide® » a été commercialisé en 2004 par la société Rieth®, alors que le « Chromatis® » a été commercialisé en 2005 par la société MHC®.

Ils réalisent une analyse ponctuelle et permettent une communication avec le laboratoire de manière basique.

Avantages :

Ils sont simples d'utilisation car ne possède pas logiciel.

Le coût est faible.

Inconvénients :

La communication avec le laboratoire reste simple.

Avantages et inconvénients des différentes méthodes de mesure de la couleur

	les avantages	les inconvénients
les teintiers	coût faible	subjective par l'évaluation visuelle
	transportable	
	utilisation facile	dépendante de l'environnement et de l'éclairage ambiant
	2D ou 3D selon les teintiers	
les systèmes numériques	objective: ne dépend plus de l'œil, ni de l'environnement, ni de l'éclairage	coût élevé
	plus rapide	temps d'apprentissage pour la manipulation long
	selon les appareils, possibilités d'analyse 3D et de cartographie de la couleur	sensibles aux erreurs de positionnement de l'embout
	logiciels sophistiqués de communication avec le laboratoire	encombrant et mauvaise accessibilité aux dents postérieures
	contrôle possible au laboratoire	nécessite souvent un ordinateur
		pour plusieurs appareils: mesure ponctuelle de la teinte

IV. EXPERIMENTATION « COLORIMETRIQUE »

A. Matériels

Deux teintiers, dits « manuels » dans un souci d'opposition terminologique à un dispositif électronique, ont été utilisés dans cette expérimentation *in vitro* :

1. le teintier Miris 2[®] de la société Coltène-Whaledent[®] :

Le teintier proposé par la société Coltène-Whaledent[®] pour le composite de restauration coronaire en technique directe : Miris 2[®] se compose :

- d'une part de 8 « masse dentine » de terminologie S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7.

Elles sont caractérisées, selon le fabricant, par une seule teinte, une seule opacité et 8 niveaux de saturation dentinaire différents : de S0 pour la teinte la moins saturée (ou la plus lumineuse) à S7 pour la teinte la plus saturée (ou la moins lumineuse),

- d'autre part de 5 « masse émail » de terminologies :

- WB: White Bleach,
- WR: White Regular,
- NR : Neutral Regular,
- NT : Neutral Translucent,
- IR : Ivory Regular.

La terminologie « White » est adaptée colorimétriquement, selon le fabricant, aux dents de patients « jeunes », la terminologie « Neutral » aux dents de patients « adultes » et la terminologie Ivory aux dents de patients « âgés ».

La terminologie « Bleach » fait référence à une luminosité élevée caractéristique de l'émail des dents des patients « jeunes ».

Les terminologies Regular et Translucent font référence à 2 niveaux de translucidité : moyenne pour la terminologie « Regular » et élevée pour la terminologie « Translucent ».

Le mode d'utilisation du teintier est simple.

Le praticien sélectionne la masse dentine en observant la zone cervicale de la dent qui est caractérisée par une épaisseur d'émail minimale.

En ce qui concerne le choix de la masse émail, le praticien la sélectionne en observant la zone incisale de la dent qui est souvent caractérisée par l'absence de dentine.

Le praticien place ensuite la masse dentine dans la coque d'émail pour reproduire le volume d'une demi-couronne dentaire et se rapprocher ainsi du résultat esthétique final escompté en associant les 2 couleurs sélectionnées.

En tenant compte des 8 niveaux de saturations dentinaires et des 5 masses émail disponibles, le système du Miris 2[®] offre 40 combinaisons colorimétriques possibles.

Cependant le fabricant ne propose au praticien que certaines d'entre elles en considérant que les masses dentine de faible saturation (S0, S1, S2) doivent être associées préférentiellement aux couleurs émail de luminosité élevée (WB, WR, NR).

De la même manière, il propose d'associer les masses dentine de saturation élevée (S5, S6, S7) à la « couleur » émail « Ivory ».

2. le teintier Vita Toothguide 3D-MASTER[®] de la société Vita[®] :

Sa présentation et son mode d'emploi ont été détaillés précédemment.

Un spectrophotomètre -Vita Easy Shade[®]- de la société Vita[®] a été également utilisé dans cette étude expérimentale.

B. Méthodes

L'expérimentation a comporté 2 étapes différentes.

Dans un premier temps, un seul et même opérateur a cherché à établir une correspondance colorimétrique entre les 40 combinaisons colorimétriques du composite Miris2[®] et les 26 propositions faites par le teintier Vita Toothguide 3D-MASTER[®].

Pour cela, il s'est placé dans les mêmes conditions expérimentales, en positionnant les échantillons sur une feuille blanche sous la lumière d'un scialytique.

Il a observé et comparé entre elles les « dents » des 2 teintiers, par couple de 2 jusqu'à retenir celui qui présentait la plus grande correspondance colorimétrique.

Les observations ont été réalisées à 5 dates différentes.

Dans un deuxième temps, pour s'affranchir du facteur humain, les 40 combinaisons colorimétriques du composite Miris2[®] ont été comparées avec les 26 propositions faites par le teintier Vita Toothguide 3D-MASTER[®] d'une façon « plus objective » en utilisant le spectrophotomètre -Vita Easy Shade[®]- de la société Vita[®].

Le dispositif numérique a été placé en position centrale des dents à analyser et l'analyse colorimétrique porte donc sur une zone circulaire de 8mm de diamètre.

C. Résultats et discussion

Les résultats des observations obtenues à 5 dates différentes par le même observateur apparaissent dans les tableaux suivants :

	Résultats obtenus le jour 1				
	WB	WR	NR	NT	IR
S0	-	-	2M1	-	-
S1	1M1	-	2M1	1M2	2M3
S2	1M1	1M1	2M1	1M2	2M3
S3	1M1	1M1	2M1	1M2	2M3
S4	1M1	2M1	3M1	3M1	2M3
S5	1M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S6	1M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S7	1M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5

	Résultats obtenus le jour 2				
	WB	WR	NR	NT	IR
S0	-	-	2M1	-	-
S1	1M1	-	2M1	1M2	2M3
S2	1M1	1M1	2M1	2L1.5	2M3
S3	1M1	1M1	2M1	2L1.5	2M3
S4	1M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S5	1M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S6	1M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S7	1M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5

Le sigle (-) signifie que l'observateur n'a pas été capable d'établir de correspondance colorimétrique entre les 2 teintiers manuels.

Il a la même valeur pour le teintier numérique.

	Résultats obtenus le jour 3				
	WB	WR	NR	NT	IR
S0	-	-	2M1	-	-
S1	1M1	-	2M1	2L1.5	2M3
S2	1M1	1M2	2M1	2L1.5	2M3
S3	1M1	1M2	2M1	2L1.5	2M3
S4	2M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S5	2M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S6	2M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S7	2M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5

	Résultats obtenus le jour 4				
	WB	WR	NR	NT	IR
S0	-	-	2M1	-	-
S1	1M1	-	2M1	1M2	2M3
S2	1M1	1M2	2M1	1M2	2M3
S3	1M1	1M2	2M1	1M2	2M3
S4	2M1	2M1	3M1	3M1	2M3
S5	2M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S6	2M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5
S7	2M1	2M1	3M1	3M1	3L1.5

	Résultats obtenus le jour 5				
	WB	WR	NR	NT	IR
S0	-	-	2M1	-	-
S1	1M1	-	2M1	1M2	2M3
S2	1M1	1M2	2M1	1M2	2M3
S3	1M1	1M2	2M1	1M2	2M3
S4	2M1	2M1	3M1	3M1	2M2
S5	2M1	2M1	3M1	3M1	2M2
S6	2M1	2M1	3M1	3M1	3M2
S7	2M1	2M1	3M1	3M1	3M2

Les résultats de la même « comparaison » colorimétrique réalisée par le spectrophotomètre apparaissent dans le tableau suivant :

	Résultats obtenus avec le spectrophotomètre				
	WB	WR	NR	NT	IR
S0	0M3	1M1	2M1	2M1	2M1
S1	0M2	1M1	2M1	2M1	1M2
S2	1M1	-	2M1	2M1	2L1.5
S3	1M1	1M1	2M1	2R1.5	2L1.5
S4	-	-	-	-	2L1.5
S5	-	-	-	4M1	-
S6	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-

La reproductibilité des résultats obtenus par l'œil humain à 5 dates différentes apparaissent dans les tableaux suivants.

Reproductibilité des observations avec la couleur S0	
S0/WB	- (5 fois)
S0/WR	- (5 fois)
S0/NR	2M1 (5 fois)
S0/NT	- (5 fois)
S0/IR	- (5 fois)

Reproductibilité des observations avec la couleur S1		
S1/WB	1M1 (5 fois)	
S1/WR	- (5 fois)	
S1/NR	2M1 (5 fois)	
S1/NT	1M2 (4 fois)	2L1.5 (1 fois)
S1/IR	2M3 (5 fois)	

Reproductibilité des observations avec la couleur S2		
S2/WB	1M1 (5 fois)	
S2/WR	1M2 (3 fois)	1M1 (2fois)
S2/NR	2M1 (5 fois)	
S2/NT	1M2 (3 fois)	2L1.5 (2 fois)
S2/IR	2M3 (5 fois)	

Reproductibilité des observations avec la couleur S3		
S3/WB	1M1 (5 fois)	
S3/WR	1M2 (3 fois)	1M1 (2fois)
S3/NR	2M1 (5 fois)	
S3/NT	1M2 (3 fois)	2L1.5 (2 fois)
S3/IR	2M3 (5 fois)	

Reproductibilité des observations avec la couleur S4			
S4/WB	2M1 (3 fois)	1M1 (2fois)	
S4/WR	2M1 (5 fois)		
S4/NR	3M1 (5 fois)		
S4/NT	3M1 (5 fois)		
S4/IR	2M3 (2 fois)	3L1.5 (2 fois)	2M2 (1 fois)

Reproductibilité des observations avec la couleur S5		
S5/WB	2M1 (3 fois)	1M1 (2 fois)
S5/WR	2M1 (5 fois)	
S5/NR	3M1 (5 fois)	
S5/NT	3M1 (5 fois)	
S5/IR	3L1.5 (4 fois)	2M2 (1 fois)

Reproductibilité des observations avec la couleur S6		
S6/WB	2M1 (3 fois)	1M1 (2 fois)
S6/WR	2M1 (5 fois)	
S6/NR	3M1 (5 fois)	
S6/NT	3M1 (5 fois)	
S6/IR	3L1.5 (4 fois)	3M2 (1 fois)

Reproductibilité des observations avec la couleur S7		
S7/WB	2M1 (3 fois)	1M1 (2 fois)
S7/WR	2M1 (5 fois)	
S7/NR	3M1 (5 fois)	
S7/NT	3M1 (5 fois)	
S7/IR	3L1.5 (4 fois)	3M2 (1 fois)

La dent humaine n'est constituée que de deux tissus dentaires minéralisés, l'émail et la dentine, dont les structures et composition de base sont bien connues.

Ces structures et compositions sont soumises à des variations physiologiques et/ou pathologiques tout au long de leur existence sur l'arcade.

La couleur de la dent dépend pour une grande partie des propriétés optiques de chacun de ces 2 tissus.

De plus l'état de surface de l'émail influence la réflexion de la lumière qui pourra varier entre une réflexion très diffuse à une réflexion spéculaire responsable d'un aspect parfaitement lisse et brillant de la dent.

Sans compter les variations physiologiques d'origine inter-ethnique et certaines modifications liées à des décolorations d'origine intrinsèque la couleur d'une dent peut en fait prendre une multitude d'expression clinique : de plusieurs dizaines pour une seule ethnique à plusieurs centaines pour une population entière.

On comprend dès lors toute l'impossibilité des fabricants de teintiers « manuels » ou conventionnels à offrir un outil simple d'utilisation capable de reproduire cette variabilité quasi-infinie.

De plus les conditions d'enregistrement de la couleur d'une dent font appel à des récepteurs très spécifiques de l'œil qui peuvent eux aussi connaître des variations physiologiques et/ou pathologiques très importantes, qui sont quelquefois inconnues des praticiens.

Pour « compliquer » encore la situation l'enregistrement de la couleur d'une dent est également sous la dépendance de l'environnement lumineux.

Les teintiers numériques ont été proposés pour essayer de s'affranchir au mieux essentiellement des 2 derniers paramètres cités : la sensibilité de l'opérateur et l'influence de l'illuminant.

Dans les conditions de notre expérimentation, l'œil « humain » a été capable, en effectuant les observations à 5 dates différentes, d'obtenir des résultats reproductibles dans des pourcentages variables en fonction des assemblages étudiés :

1. reproductibilité des résultats de 100% dans 27 cas sur 40,
2. reproductibilité des résultats de 80% dans 4 cas sur 40
3. reproductibilité des résultats de 60 % dans 8 cas sur 40
4. reproductibilité des résultats de 40% dans un cas sur 40 (assemblage : S4/IR)

En revanche des résultats strictement identiques obtenus par l'œil humain et le dispositif numérique dans la correspondance colorimétrique entre les 2 teintiers ont été obtenus dans seulement 4 situations sur les 40 analysées.

Il s'agit des assemblages colorimétriques suivants : S0/NR, S2/WB, S3/WB et S3/NR.

Pour les 36 autres situations la correspondance colorimétrique par l'œil humain et le dispositif numérique entre les 2 teintiers manuels a donné lieu à des résultats différents.

Des assemblages colorimétriquement différents les uns des autres (par exemple les 3 assemblages S1/NR, S2/NR, S3/NR ou les 4 assemblages S4/NT, S5/NT, S6/NT et S7/NT) ont été perçus d'une façon identique tant par l'œil humain que par le dispositif numérique alors que les couleurs « dentine » sont très différentes les unes des autres.

En sachant que l'œil humain est capable de percevoir des différences colorimétriques faible, au même titre que le dispositif numérique, cela s'expliquerait pour une partie par le fait que les masse émail NR et NT seraient capables de faire diminuer voire d'annuler complètement les différences de couleur qui existent naturellement entre les couleurs dentine par leur opacité respective.

Cette explication semble plus facile à proposer pour la couleur NR que pour la couleur NT qui est caractérisée par un niveau de translucidité plus élevé que la précédente.

Un ou plusieurs autres facteurs doivent participer de ce phénomène et doivent faire l'objet de futures investigations.

L'opérateur « humain » n'a pas été capable de trouver de correspondance colorimétrique pour 5 combinaisons colorimétriques (S0/WB, S0/WR, S0/NT, S0/IR et S1/WR), alors que pour le spectrophotomètre ce nombre de situations est beaucoup plus important, 19 précisément, et intéresse très spécifiquement les masses dentinaires de saturation moyenne (S4 et S5) ou élevée (S6 et S7).

Ces différences très importantes pourraient avoir plusieurs origines soit prises isolément soit associées dans des proportions variables entre elles.

La sensibilité de l'œil humain et celle du spectrophotomètre différeraient en fonction du niveau de saturation de l'échantillon.

Une autre explication serait un mode d'« analyse » de la couleur qui serait différent entre l'œil humain et le système informatique du spectrophotomètre.

L'œil humain dans l'enregistrement d'une « couleur » a, dans un premier temps, une approche globale qui lui permet de parcourir en un minimum de temps la totalité d'une surface pour chercher à en établir une valeur moyenne.

C'est souvent cette valeur qui pourra être considérée comme la « couleur » de base de la dent prothétique.

Ensuite l'opérateur sera capable d'apporter, dans le cadre d'une lecture plus attentive, des informations plus précises qui pourront être considérées comme une ou des caractérisations.

Le spectrophotomètre a lui en revanche une approche plus limitée spatialement. Chaque mesure obtenue correspond au diamètre de la surface d'analyse (8 mm). Il donnera finalement une succession d'informations colorimétriques correspondant à différentes zones anatomiques.

Une cartographie colorimétrique sera obtenue aisément, transmise au prothésiste qui utilisera ces différentes informations pour établir une « couleur » globale de la dent prothétique ; la juxtaposition de ces informations parcellaires doit conduire au résultat esthétique final.

Le phénomène de contraste pourrait également participer de ces différences : l'œil humain est obligé de tenir compte dans son analyse colorimétrique de l'environnement dans lequel est placé l'objet à analyser : la couleur « blanc » de la feuille sur laquelle sont positionnés les échantillons pourrait influencer le résultat final.

Le dispositif numérique ne connaît pas ce phénomène de contraste car sa zone d'analyse est limitée spatialement comme nous l'avons expliqué précédemment.

Les conditions d'illumination différentes entre les conditions d'observations sous la lumière d'un scialytique pour l'opérateur humain et celles du dispositif numérique pourraient également expliquer les différences dans cette comparaison.

V. CONCLUSION

L'enregistrement de la couleur des dents en dentisterie prothétique est un acte quotidien. Il doit être simple, rapide, validé cliniquement et idéalement scientifiquement (en renforçant le concept de l'« Evidence-based dentistry ») et surtout facile à mettre en œuvre par le plus grand nombre de praticiens.

Son efficacité est l'une des conditions nécessaires à la réalisation de pièces prothétiques permettant de répondre à l'exigence esthétique élevée à la fois du praticien et du patient.

Les teintiers « manuels » et les systèmes numériques sont actuellement proposés aux praticiens pour les aider dans la réalisation de cet acte.

Les 2 systèmes ont des avantages et des inconvénients liés à leur mode de fonctionnement.

Les systèmes numériques présentent deux avantages déterminants : réduire l'influence de l'illuminant et s'affranchir totalement de la variabilité de l'opérateur.

Cependant aucune de ces 2 familles de systèmes ne permet actuellement d'obtenir des résultats « parfaits » pour la totalité des situations cliniques, même si la supériorité des systèmes numériques dans la fiabilité de l'enregistrement de la couleur des dents a été validée scientifiquement.

Une problématique identique se pose actuellement au praticien dans son exercice quotidien pour l'utilisation optimale des résines composites dans les techniques directes.

De nouveaux biomatériaux utilisés selon la procédure de stratification naturelle sont proposés avec pour chacun d'entre eux des teintiers spécifiques.

Notre travail s'est fixé pour but, dans le cadre d'une approche expérimentale *in vitro*, de chercher à comparer la sensibilité de l'œil humain à celle d'un spectrophotomètre (Vita Easy Shade®- de la société Vita®) dans l'établissement d'une correspondance colorimétrique entre 2 teintiers manuels « novateurs » :

- l'un utilisé en prothèse, le teintier Vitapan 3D Master® fabriqué par la société Vita® et,
- l'autre utilisé en dentisterie restauratrice, le teintier du Miris 2® de la société Coltène-Whaledent®.

Les deux principaux résultats de notre étude sont les suivants :

1. une très grande reproductibilité de l'opérateur humain à établir, à 5 dates différentes, une correspondance colorimétrique entre les deux teintiers « manuels » :

- reproductibilité des résultats de 100% dans 27 cas sur 40,
- reproductibilité des résultats de 80% dans 4 cas sur 40,
- reproductibilité des résultats de 60 % dans 8 cas sur 40,
- reproductibilité des résultats de 40% dans un cas sur 40,

2. des résultats extrêmement différents entre l'œil humain et le dispositif numérique dans l'établissement de la correspondance entre les deux teintiers « manuels » : seules 4 situations sur 40 possibles ont permis d'obtenir des résultats identiques entre l'œil humain et le dispositif numérique.

Les résultats obtenus dans cette étude sont naturellement influencés par les différentes conditions expérimentales qui la caractérisent.

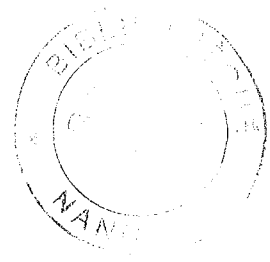
Pour pouvoir étudier leur influence d'autres expérimentations doivent pouvoir faire l'objet d'études complémentaires.

Elles auront les objectifs suivants :

1. étudier l'influence de l'opérateur en augmentant le nombre d'expérimentateurs : une distribution équitable entre les femmes et les hommes sera également à envisager dans les études ultérieures,

2. évaluer l'influence du fond coloré sur lequel sont effectués les mesures. Dans cette étude les échantillons des teintiers « manuels » ont été placés sur un fond blanc ; d'autres couleurs pourront être utilisées dans les études ultérieures pour valider l'influence de l'effet de « contraste » sur la perception d'une couleur ; il ne faut pas oublier que le fond naturel que constitue la cavité buccale est « noir »,
3. étendre l'étude à d'autres teintiers simples dits « manuels » utilisés soit en dentisterie prothétique, soit en dentisterie restauratrice,
4. comparer entre eux différents systèmes numériques,
5. évaluer l'influence des conditions d'illumination des échantillons analysés : les mesures obtenues avec la lumière d'un scialytique pourront être comparées à celles obtenues dans un autre environnement lumineux.

VI. BIBLIOGRAPHIE



1. Rufenacht CR.

Principes de l'intégration esthétique.

Quintessence Internationale 2001: 80-87.

2. Rufenacht CR.

Principes de l'intégration esthétique.

Quintessence Internationale 2001:123-125.

3. Lasserre JF, Leriche MA.

L'illusion du naturel en prothèse fixée.

Les cahiers de prothèse 1999 ; 108 :7-21.

4. Quevreur Y.

Prise de teinte...prise de tête.

Indépendantaire 2004 ; 16 : 64-67.

5. Lasserre JF, Sous M, Leriche MA.

Les moyens de communication entre praticien, patient et prothésiste.

Les cahiers de prothèse 1999 ; 108 :75-82.

6. Freedman G.

Communicating color.

Dentistry today 2001; 20, 9: 76-80.

7. Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S.

Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction.

J. Prosthet. Dent. 2008, 99(5):361-8.

8. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N.
Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison.
Int. J. Periodontics Restorative Dent. 2004 Jun; 24(3):222-31.
9. www.infovisual.info/03/034_fr.html
Molaire en coupe.
10. http://bazardent.com/skins/default_blue/customer/images/logo.gif
11. Martin De Las Heras S, Valenzuela A, Bellini R, et al.
Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry.
Forensic Sci Int. 2003; 132, 1: 57-62.
12. Ahmad I.
Three dimensional shade analysis: Perspectives of color.
Pract Periodontics Aesthetics Dent. 1999; 11, 7: 789-796.
13.
http://tecfa.unige.ch/perso/lombardf/CPTIC/couleurs/couleur_ERAG/Pages/ch8p1.htm
14. Reis M.
Teinte et prise de teinte.
Clinic 2001 ; 22, 6 : 379-386.
15. Fondriest J.
La couleur en prothèse dentaire: science et stratégies.
Parod. Dent. Restaur. 2003 ; 23, 5 : 466-479.
16. Joiner A.
Tooth colour: a review of the literature.
Journal of Dentistry 2004; 32: 3-12.

17. Yamamoto M.
Système de conversion de la valeur.
Art et Technique. 1992; 3, 3:163-184
18. Zyman P, Jonas P.
Le choix de la teinte...vers un protocole rationnel.
Réalités Cliniques 2003 ; 14, 4 : 379-392.
19. Chu SJ, Devigus A, Mielesko A.
Fundamentals of color : shade matching and communication in esthetic dentistry.
Tokyo: Quintessence Publishing, 2004.
20. Hammer P, Berg C, Schied M.
Identifier-enregistrer- reproduire. Analyse de la substance dentaire concernant la transparence et la teinte.
Art et Techn. Dent. 1993 ; 4,6 : 353-366.
21. Zena RB, Hegenbarth EA.
Transparence : la 4^{ème} dimension de la teinte.
Art et technique dentaire 1994; 5, 2: 109-121.
22. Hasagawa A, Ikeda I., Kawaguchi S.
Color and translucency of in vivo natural central incisors.
J. Prosthet. Dent. 2000; 83, 4: 418-423.
23. www.Nobelbiocare.com
NobelRondo™ Zirconia.
24. Monsenego G.
Fluorescence de la dent naturelle et d'un composite.
Chir. Dent. Fr. 1990 ; 60, 507 : 37-42.

25. Dario A.
Natural Esthetics.
Quintessence Sao Paulo 2002.
26. <http://www.profil-couleur.com/ec/104-atlas-couleur-Munsell.php>
27. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V.
La définition des teintes de dent.
Quintessenz Zahntechnik 2004 ; 30 :726-740.
28. Comment transmettre la bonne « teinte » grâce à la photographie et la colorimétrie numériques ?
Conférence d'Yves Tolila (AO Nice).
TP 21 octobre.
Alpha Oméga News 2004; 89 :49.
29. http://www.birmingham-laser-dentistry.com/tetracycline_tooth_stains.html
30. Reno EA, Sunberg RJ, Block RP, Bush RD.
The influence of lip/gum color on subject perception of tooth color.
Journal of Dental Research 2000; 79: 381.
31. Gamain C.
Couleurs et ambiance
ID Inf. Dent. 2003; 85, 40: 177-184.
32. <http://www.gamain.fr/PDF/fr/GAMAIN%20-%203965.pdf>
33. Gamain C.
« Il y a une qualité plus belle que la couleur : la lumière », Edouard Herriot.
Art & Techn. Dent. 2002; 13, 4: 149-152.
34. Gamain C.
ID Inf. Dent. n°40. 19 novembre 2003. 3177-84.

35. Vanini L.

Light and colour in anterior restorations.

Practical Procedures et Aesthetic Dentistry 1996; 8 (7):673-682.

36. <http://artcorporel.canalblog.com/images/oeil.jpg>

37. Gain P, Thuret G.

Rappels anatomiques de l'œil humain.

www.univ-st-etienne.fr/facmed/finit/ophtarc/anatapl.html

Faculté de médecine de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne, 2003.

38.

http://tecfa.unige.ch/perso/lombardf/CPTIC/couleurs/couleur_ERAG/Pages/ch3p1.htm

39. <http://tpecouleurs.free.fr/visionnormale.htm>

Les différents types de photorécepteurs de l'œil humain pour la vision des couleurs.

40. Lombardi R.

Visual perception and denture esthetics.

J. Prosthet. Dent. 1973; 29 : 352-382.

41. <http://www.dede75007.com/alacouleur/14/14alacouleur.htm>

42. <http://www.oeo.nrcan.gc.ca/publications/equipement/eclairage/section3.cfm>

Guide de référence de l'éclairage.

43. Arnheim R.

Art and visual perception.

University of California Press 1965.

44. http://a1.esa-angers.educagri.fr/informa/web_cou/cou_02.htm

La perception des couleurs.

45. <http://www.bioinformatics.org/oeil-couleur/dossier/index.html>

La perception des couleurs par l'œil.

Haiba L, Per Einar, 2001-2002.

46. Yap AUJ, Sim CPC, Loh WL, Teo JH.

Human-eyes versus computerized colour matching.

Oper Dent 1999; 24: 358-363.LOM

47. Paul S, Eter A, Pietrobon N, Hammerle CHF.

Visual and spectrophotometric Shade Analysis of Human Teeth.

Journal of Dental Research 2002; 81 (8): 578-582;

48. Van Effenterre G.

Difficultés visuelles du praticien en dentisterie. Problèmes physiologiques et pathologiques.

Actual Odontostomatol 1994 ; 188 : 573-577.

49. http://perret-opticch/optometrie/Vision_des_couleurs/vis-couleur_F.htm

Illustrations des différentes formes de dyschromatopsies.

50. Leijd et al.

Les dyschromatopsies.

Bull Soc Ophtalmol. Fr 2001 ; n°spécial nov.= 17-20.

51. Clement D.

Vision des couleurs des dyschromates et conséquences au cabinet dentaire. 210p

Thèse 2^{ème} cycle : Faculté d'odontologie : Université Droit et Santé Lille2 : 1999 ; 4.

52. <http://www.champlaindentallab.com>

Shade guides.

53. Ortet S et al.

Le relevé de couleur : techniques avancées, partie I.

ID Inf. Dent. 2005 ; 9 (32) : 1929-1933.

54. Ortet S et al.

Le relevé de couleur : techniques avancées, partie II.

ID Inf. Dent. 2005 ; 9(33) :1995-1999.

55. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N.

Choix de la teinte des CCM : comparaison clinique des méthodes conventionnelles et spectrophotométriques.

Parodontie et Dentisterie Restauratrice 2004, 3: 223-231.

56. Van Der Burgt TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ.

A comparison of a new and conventional methods for quantification of tooth color.

J. Prosthet. Dent. 1990; 63: 155-162.

57. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S.

Evaluation of visual and instrument shade matching.

J. Prosthet. Dent. 1998; 80: 642-648.

58. Donahue JL, Goodkind RJ, et al.

Shade color discrimination by men and women.

J. Prosthet. Dent. 1991; 65, 5: 699-703.

59. Tervil B.

Les aides numériques au choix de la teinte.

Alternatives 2005 ; 28 : 57-65.

60. Hindle JP, Harrison A.

Tooth colour analysis by a new optoelectronic system.

European Journal of Prosthodontic Dentistry 2000; 8: 57-61.

61. Chu SJ, Tarnow DP.

Digital shade analysis and verification: a case report and discussion.

Pract Periodontics Aesthet Dent 2001; 13: 129-136.

62. Nolle C.

Communication de la teinte et de la forme en prothèse fixée : la transmission numérique.

Alternatives 2003 ; 18 : 55-66.

63. Zyman P.

Prendre la teinte et transmettre : cliquer, la souris tire la couleur.

ID Inf. Dent. 2001 ; 83, 11 : 734-737.

64. Paul SJ, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CHF.

Clinical vs. spectrophotometric shade analysis of human teeth.

J. Dent. Rest. 2002; 81: 578-582.

65. www.mhtint.com

66. www.vita-zahnfabrik.de

67. Boencke KM, O'Brien WJ, Linger JB.

The accuracy of color measurements with three colorimeters.

J. Dent. Rest. 1996; 75: 380.

68. Goodkind RJ, Keenan K, Schwabacher WB;

Use of a fiber-optic colorimeter for an in-vivo color measurement of 2830 anterior teeth.

J. Prosthet. Dent. 1987; 58: 535-542.

69. Goldstein GR, Schmitt GW.

Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter.

J. Prosthet. Dent. 1993; 69: 616-619.

70. Douglas RD.

Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth.

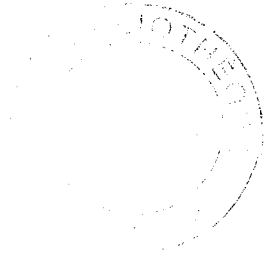
J. Prosthet. Dent. 1997; 77: 464-470.

71. www.shofu.com
72. www.cynovad.com
73. Robert D.
Premier contact avec le ShadeScan System™.
The Canadian Journal of Dental Technology 2000: 52-60.
74. www.x-rite.com
75. www.a-rieth.de
76. Paris JC et al.
Le Guide Esthétique.
Editions Quintessence 2003.
77. Chevalier A.
Prise de teinte : de l'analyse numérique au contrôle visuel.
Technol. Dent. 2003 ; 46, 11 : 29-36.
78. Schwabacher WB, Goodkind RJ, Lua MJR.
Interdependence of a hue, value, and chroma in the middle site of anterior human teeth.
J. Prosthet. Restor. Dent. 1994; 3: 188-192.
79. Paravina RD, Powers JM, Fay RM.
Color comparison of two shade guides.
Int. J. Prosthodont. 2002; 15, 1: 73-78.
80. Schwabacher WB, Goodkind R.
Three dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shades guides.
J. Prosthet. Dent. 1990; 64: 425-431.

81. Vanheusden A, Mainjot A.

Le choix de la couleur en prothèse fixée : quelle marche à suivre pour un résultat fiable ?

Rev. Belge Med.Dent 2004 ; 59,1 : 43-56.



Jury : Président : JP LOUIS – Professeur des Universités
Juges : J. SCHOUVER – Maître de Conférence des Universités
JP SALOMON – Maître de Conférence des Universités
A. LÊ – Assistant Hospitalier Universitaire



Thèse pour obtenir le diplôme D'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Présentée par: **Mademoiselle WACK Elise, André^g Jacqueline**

né(e) à: **VESOUL (Haute Saône)**

le **03 avril 1982**

et ayant pour titre : **«Enregistrement de la teinte : les teintiers et les systèmes numériques»**

Le Président du jury,

JP LOUIS

Le Doyen,
de la Faculté d'Odontologie



P. BRAVETTI

Autorise à soutenir et imprimer la thèse 3037

NANCY, le 2.06.08

Le Président de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I



WACK (Elise) – Enregistrement de la teinte : les teintiers et les systèmes numériques.
Nancy 2008,

Th. : Chir-Dent. : Nancy -1 : 2008

MOTS-CLES : Teinte
Couleur dentaire
Colorimétrie

WACK (Elise) – Enregistrement de la teinte : les teintiers et les systèmes numériques.

Th. : Chir-Dent. : Nancy-I: 2008

L'enregistrement de la teinte ou couleur dentaire et sa transmission au laboratoire de prothèse sont des étapes primordiales pour un praticien dans son exercice au quotidien. On les retrouve donc aussi bien dans les reconstitutions conservatrices (en résines composites ou en ciments verre ionomères) que prothétique (fixe ou amovible) ainsi que dans les techniques d'éclaircissement des dents.

Le souci permanent du praticien est d'obtenir entière satisfaction de la part de son patient dans la réhabilitation de son sourire.

Ce travail a pour objectif de décrire les paramètres déterminants la teinte dentaire tels que les facteurs intrinsèques à la dent, l'environnement, les paramètres inhérents à l'observateur.

Nous présenteront les deux types de méthodes permettant la prise de teinte : tout d'abord, la méthode classique, la plus ancienne, les teintiers, puis la méthode plus récente, les systèmes numériques (colorimètres et spectrophotomètres).

Le but de ce travail est de montrer qu'il existe des variations chez un même observateur, entre différents observateurs et entre l'œil humain et les nouveaux systèmes numériques.

Nous montrerons pour finir que la clé de la réussite réside en une bonne utilisation des systèmes numériques c'est-à-dire une confrontation et interaction permanentes entre ce qui est perçu par l'observateur et les résultats obtenus par colorimètres et spectrophotomètres.

M.JP. LOUIS
M.J. SCHOUVER
M.JP.SALOMON
Mlle. A. LE

Professeur des Universités
Maître de Conférences
Maître de Conférences
Assistant Hospitalier Universitaire

Président
Directeur
Juge
Juge

Adresse de l'auteur : Elise WACK
15 rue de la Saulne
74230 THONES